R. H. France

Die Pflanze als Erfinder

SATELLITE SHELVING

QK50
F7

The D. H. Hill Library

QK50
F7

North Carolina State University

A COLLECTION OF SCIENTIFIC BOOKS

TO THE MEMORY OF
DR. WILLIAM JOSEPHUS ROBINSON
AND DR. VICTOR ROBINSON

PRESENTED BY
S. R. AND ANITA ROBINSON SHAPIRO

THIS BOOK IS DUE ON THE DATE INDICATED BELOW AND IS SUBJECT TO AN OVERDUE FINE AS POSTED AT THE CIRCULATION DESK.

ILL 2358271
4.28.82
5.19.82

D. H.
N. C. ST

100M/5-79

Die Pflanze als Erfinder

Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde, Stuttgart

Die Gesellschaft Kosmos bezweckt, die Kenntnis der Naturwissenschaften und damit die Freude an der Natur und das Verständnis ihrer Erscheinungen in den weitesten Kreisen unseres Volkes zu verbreiten. — Dieses Ziel sucht die Gesellschaft durch Verbreitung guter naturwissenschaftlicher Literatur zu erreichen im

Kosmos, Handweiser für Naturfreunde

Jährlich 12 Hefte mit 4 Buchbeilagen.

Diese Buchbeilagen sind, von ersten Verfassern geschrieben, im guten Sinne gemeinverständliche Werke naturwissenschaftlichen Inhalts. Vorläufig sind für das Vereinsjahr 1920 festgelegt (Änderungen und Reihenfolge vorbehalten):

Dr. Fischer-Defoy, Gesundheitliche Gefahren im Hause.

R. H. Francé, Biotechnik.

Hanns Günther, Wellentelegraphie.

Dr. Kurt Floericke, Schnecken und Muscheln.

Jedes Bändchen reich illustriert.

Diese Veröffentlichungen sind durch alle Buchhandlungen zu beziehen; daselbst werden Beitrittserklärungen (Jahresbeitrag nur M) zum **Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde** entgegengenommen. Auch die früher erschienenen Jahrgänge sind noch erhältlich. (Satzung, Bestellkarte, Verzeichnis der erschienenen Werke sowie Preise usw. siehe am Schluß.)

Geschäftsstelle des Kosmos: Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart.

Die Pflanze als Erfinder

Von

R. H. Francé

Mit zahlreichen Abbildungen

Zehnte Auflage

Stuttgart
Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde
Geschäftsstelle: Franckh'sche Verlagshandlung
1920

Alle Rechte, besonders das der Übersetzung, vorbehalten.

Gesetzliche Formel für den Rechtsschutz
in den Vereinigten Staaten von Amerika:
Copyright by
Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart
1920

STUTTGARTER SETZMASCHINEN-DRUCKEREI
HOLZINGER & Co. STUTTGART

I.

Ein ehrlicher Kerl, der etwas Richtiges zu sagen hat, bringt seine Sache einfach und ohne Umschweife vor. So erklärte einmal Schopenhauer, als ihn der Zorn über die Dunkelheiten der Hegelschen Philosophie überlief. Ich war immer von der Wahrheit dieses Wortes durchdrungen, will es daher auch auf die einfachste Art erzählen, wieso ich entdeckte, daß die Natur der größte Erfinder sei und wie ich selber ein Erfinder wurde.

Ich trat eines Morgens in mein Laboratorium, nachdenklich und mißmutig, denn ich war mit meinen Arbeiten wieder einmal stecken geblieben und konnte nicht weiter. Ich studierte um jene Zeit das Leben des Ackerbodens. Längst war festgestellt, daß die tote, schwarze Erde nicht tot sei, sondern durchsetzt und erfüllt von Myriaden kleinster Lebewesen, die alle einen bestimmten Einfluß auf das Gedeihen der Brotfrucht haben. Und es lag nahe, anzunehmen, daß es gelingen würde, vielfältige Frucht zu ernten, wenn es zuvor gelänge, die nützlichen Erdbewohner zu vermehren. Der einfachste Weg schien zu sein, den Boden mit ihnen zu impfen. Ganz gleichmäßig, jeden Quadratmillimeter mit einem Dutzend der kleinen Lebenskeime bestreuen. Das war die Aufgabe des Tages. Sie konnte ich nicht lösen, und darum war ich mißmutig und nachdenklich.

Ich versuchte zuerst verschiedenes. Ich hatte schon Erde bereit, die reichlich die in Frage kommenden Kleinpflanzen enthielt. Ich schüttelte sie mit viel Wasser durch und begoß mein „Versuchsfeld" mit dieser „Aufschwemmung" aus einer kleinen Kanne. Dann untersuchte ich das Ergebnis; alles war ungleich verteilt.

Ich versuchte, den Boden gleichmäßig zu überschwemmen. Es mißlang. Es wurde mir klar, man müsse die „Impferde" in einem halbtrockenen Zustand ganz gleichmäßig ausstreuen. Das sei der einzige Weg zum Erfolg. So erlebte ich in den eigenen vier Wänden im kleinen die uralte Tragödie der Erfinder, denen stets der Mißerfolg

der Lehrmeister ist. Es ist noch keiner von ihnen, der es zu nichts brachte, vergeblich gestorben: er hat allen anderen gezeigt, wie man es nicht machen darf. Und das zu wissen, ist eigentlich das Allerwichtigste beim Erfinden. Die Erfindung läuft stets zwangsmäßig, so daß sie sich nach und nach alle Wege versperrt, bis endlich der einzig richtige übrig bleibt.

So schloß damals der Tag mit der Überzeugung, mein richtiges Verfahren sei das Ausstreuen. Das, woran ich zuerst gedacht hatte. Denn es gibt auch einen dunklen Trieb zum Erfinden, und weil dem die meisten Erfinder ausschließlich vertrauen, haben sie so oft auch dunkle und traurige Schicksale.

Am nächsten Morgen brachte ich Streuer mit. Mehrere Modelle, so wie ich sie auftreiben konnte. Ein gewöhnliches Salzfaß, wie es auf jedem Wirtstische steht. Einen Puderstreuer für Ärzte und kleine Kinder, einen Zerstäuber, wie man ihn als Retter der Nachtruhe vorsorglich auf die Reisen nach Osten mitnimmt. Dann ging es ans Versuchen. Auf Bogen weißen und schwarzen Papiers, die mit numerierten Quadraten bedeckt waren, wurde mein Material leicht ausgestreut und dann auf den Quadraten gezählt, wie viele Körnchen sich darauf befanden.

Mit dem Zerstäuber ging es überhaupt nicht. Und Puderbüchse und Salzfaß streuten Reihen. Die Quadrate der unteren Reihe enthielten das Doppelte und Dreifache an Material, wie die der höheren Reihen, und ringsum gab es entweder weniger oder, wenn man dann nachhalf, wieder mehr davon, als man haben wollte.

Da war mein Schiff festgefahren und blieb tagelang stecken, bis ich den richtigen Weg fand.

Man glaubt immer, folgenschwere Ereignisse unseres Daseins müßten feierlich, angekündigt durch Vorläufer, empfangen mit Glanz und Aufsehen, etwa wie die Fürsten in unser Leben eintreten. Nichts ist irriger als das. Das Freudigste und das Schrecklichste kommt immer mit dem gleichgültigen Gesicht des Alltags, verkleidet im Gewand des Unbedeutenden, und mag es darunter noch soviel bergen.

So war es auch mit jener Idee, der ich soviel zu danken habe. Ein beiläufiger Einfall brachte die Wendung: Die im Anfang ganz bedeutungslos erscheinende Frage, wie denn die Natur das Ausstreuen besorge. Die Pflanzen sind darauf angewiesen, und zwar, wie ein wenig Nachdenken sofort sagt, auf genau dasselbe gleich-

mäßige Ausstreuen, das auch ich anstrebte. Wenn ein Pilz für seine Nachkommenschaft sorgt, bleibt ihm kein anderer Weg dazu, als die junge Generation, die Pilzsporen, dem Wind anzuvertrauen, damit er sie aussäe, denn es gibt nur wenige im Wasser lebende Pilze und noch weniger solche, denen Insekten oder Schnecken diesen Dienst besorgen. In gleicher Lage sind die Moose. Auch sie streuen ihre Sporen aus den Kapseln in die Luft. Wenn sie nicht gleichmäßig ausgestreut werden, keimen zwei oder noch mehr dicht nebeneinander und machen sich dann in jeder Weise den Lebensraum streitig.

Sofort sah ich ein, daß die Natur eine Lösung meines Problems gefunden haben müsse. Ich brauchte sie nur nachzuahmen und war dann jeder Sorge enthoben.

Aber so eine Sporenkapsel, wie ich sie mir sofort vom gemeinen Widerton, wie er allenthalben an feuchten Waldstellen wächst, heimtrug und daraufhin studierte, ist eine gar verwickelt gebaute Vorrichtung. Solange sie jung und grün ist, sitzt ein Häubchen darauf und darunter immer noch ein kleiner Deckel, wie eine Zipfelmütze. Erst wenn die Kapsel reift, fällt der Deckel ab und offenbart nun erst recht allerlei neue Einrichtungen. Am Kapselrand ist eine große Anzahl feiner Zähnchen vorhanden, deren Spitzen mit einer hauchzarten, weißen Haut verbunden sind, die die Kapsel wieder verschließt. Diese Zähne sind nun empfindlich für die Feuchtigkeit der Luft. Ist die Luft feucht, bleiben sie dichtgedrängt liegen, und die Streubüchse ist fest verschlossen. Ist aber die Luft trocken, dann trocknen auch sie aus, strecken sich grade, heben den Deckel, und nun werden seitwärts die vielen Zahnlücken sichtbar. Die Sporenkapsel federt an ihrem elastischen Stiel und streut dann Sporen aus.

Diese Erfindung war mir zu verwickelt. Da ich aber nun einmal den Weg gefunden hatte, brauchte ich auf ihm nur weiter zu suchen, um ein für meine Zwecke geeigneteres Modell zu finden. Und ich fand es in den Kapseln des Mohns. Jedermann kennt sie; jedermann weiß, daß die unter dem Deckel im Kreise angeordneten Löcher dazu dienen, die kleinen Mohnkörner auszustreuen, aber noch nie hat jemand daran gedacht, daß hier eine Erfindung der Pflanze gegeben sei, welche die unsrigen übertrifft. Ich weiß das deswegen so genau, weil ich es geprüft habe. Eine Mohnkapsel, gefüllt mit den Körnchen meiner Erde, streute sie viel gleichmäßiger aus, als es mir bis dahin gelungen war.

Staunend, verwirrt, voll unbestimmter Freude stand ich am Anfang eines Weges. Mit einem kühnen Entschluß wollte ich Gewißheit haben. Ich zeichnete einen Streuer für Salz, für Puder und sonst medizinische Zwecke nach dem Modell der Mohnkapsel und meldete das als Erfindung zum Musterschutz an.

Man hat mir den Schutz nicht bestritten; eine Erfindung war gemacht. Nach kurzem erhielt ich das vom Patentamt bestätigt unter Nr. 723730. Noch andere Erfindungen von weit größerer Bedeutung sind in Arbeit. Einige wurden vom Patentamt zurückgewiesen, aber nicht, weil sie unbrauchbar waren, sondern weil fern, in England, in

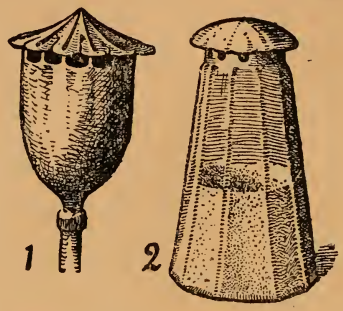


Abb. 1. Eine biotechnische „Erfindung" und ihr Vorbild.
Der neue Streuer für Haushalt und mediz. Zwecke RGM. Nr. 723730 (2) und ein reifer Mohnkopf (1), der seinen Inhalt ebenso organisch ausstreut.

Nordamerika, die gleiche Sache schon patentiert sei, was ich als berufsmäßiger „Nichterfinder" nicht wissen konnte. Ich habe auch gar kein Interesse daran, als Erfinder zu gelten, denn ich bin nur ein elender Kopist der Natur. Das Wichtigste war mir das Prinzip, das richtige Gesetz, und indem das sorgsam wägende und alles Technische kennende Patentamt mir bestätigte, daß hier wirkliche Erfindungen vorliegen, hat es mein Gesetz, die Wahrheit meiner Lehre bestätigt und damit den praktischen Nutzen einer Philosophie gewissermaßen amtlich beglaubigt, bevor noch diese Philosophie richtig ins Leben getreten war.

So ist eine neue Wissenschaft entstanden: die Biotechnik. Und von deren Grundgedanken soll dieses Büchlein handeln.

Ich will es sagen, warum die technischen Schutzbehörden meine Einfälle für gut fanden, trotzdem ich kein Techniker bin. Weil sie auf einem Gesetz der Welt beruhen. Und Gesetze der Natur sind immer wahr und damit auch praktisch zugleich.

Woher brachte ich dieses Gesetz mit? Wie fand ich es, wer zeigte es mir?

Es war ein Geschenk der Wälder, die praktische Auswirkung einer Philosophie, die mit dem Einfachsten und Natürlichsten beginnt: mit einem kleinen, armen, leicht ermüdbaren Menschenkopf, der sich hinstellt vor die große, ungeheure, unfaßbare Welt — und sie nachdenklich anschaut. So, wie ich zu philosophieren pflege: auf einem Bergesgipfel, einsam gelagert in der großen, von der Weltharmonie erklingenden Stille, mit dem Blick auf feierlich wartende Felsenhäupter und die Ewigkeit dahinter, die dann gar nicht dunkel ist, sondern sonnendurchflirrt, licht, glänzend und belebt von tausend guten Gedanken. Oder in meinem fränkischen Föhrenwald, im kleinen Tal, das auch still ist, warm, sonnig, erfüllt mit der einzigen Stimme tausender Nadeln und dem Gesang der Grillen; wo die Bäume, die blutroten Nelken, die Sandglockenblumen, die flüsternden Honiggräser mir jeden Tag etwas zu sagen haben in den langen Stunden des Schauens und Nachdenkens; bald durch eine Knospe, die gestern noch nicht aufgeblüht war, oder durch ein gilbendes Blatt, ein kleines, sinkendes Leben, das weggeht von uns, irgendwohin, wie der schimmernde Zug der Wolken, der meine Gedanken immer wieder mit sich nimmt, fern, über alle Menschen, Länder, Wünsche, Sorgen, über die Triebe, den kleinen Ehrgeiz, bis ins ruhige, ewig unbewegte All. Und wo die kleinen Sandwespen, die hin und wieder fliegen zu ihrem geheimnisvollen Haus an dem bleichen Sandhang, meine Brüder sind, so wie die dunkel schattenden Libellen, die sich lautlos neben mich setzen und die zutraulichen Bläulinge, die wie ein freundliches Lächeln anzusehen sind und dem emsig Schreibenden zuschauen und dann wieder flattern, gaukeln, bis auch sie im All münden, so wie ich.

Aus dieser Philosophie der Sonnentage brachte ich die blasse, letzte Abstraktion der Persönlichkeit mit, die da sagt: ich weiß nichts. Nichts ist vorweggenommen und gegeben; nichts ist mir sicher, als daß es dieses All gibt, die ungeheure Vielheit meines Seins.

Und auf diesem Gedanken allein baut, wie auf einem Grundstein, das logisch wägende Denken.

Ist dieses Sein gleichförmig? fragt es. Nein, ich erlebe es ja; es ist ein Aufbau aus verschiedenen Teilen. Damit wurde eins bereits zwei, und man kann anfangen zu rechnen. Man kann das Ganze seinen Teilen gegenüberstellen und weiß mit Sicherheit, daß es ein gesetzmäßiges Verhältnis zwischen diesen beiden geben muß. Welches? Jedenfalls das Eine, daß das Ganze den Teil beeinflußt. Jeder Teil den anderen und sie alle zusammen, als Summe jeden Teil noch einmal. Wenn also der Teil als solcher beharren soll, muß er Sondereigenschaften haben, anders sein, als die anderen und das All. Oder noch etwas bedeutender und darum faßlicher gesagt: er muß „sein", ein Wesen und Eigenschaften haben, ein Individuum sein. Alles kann nur entweder im All zerfließen oder „sein". Aber neben diesem Beharrungsvermögen der Dinge tritt noch etwas anderes an sie heran.

Das Weltall ist ein Aufbau verschiedenartiger Teile. Das ist schwerfällig ausgedrückt; man sagt das sachgemäßer und einfacher: es ist ein komplexes System. Die Teile dieses Systemkomplexes verschieben sich; dadurch werden sie alle in eine Gefahr gebracht. Es droht ihnen nämlich, ihre ursprünglichen Eigenschaften zu verlieren. Sie stören und beeinflussen sich, verlieren ihre Ruhelage und suchen sie nach ihrem Beharrungsvermögen wieder einzunehmen. Dadurch kommt das Geschehen in Gang. Neben der Individuation steht der Prozeß. Das Sein bedingt das Geschehen. Nach einheitlichem Gesetz, denn für alle Dinge gültig, herrscht in der Welt: Sein und Geschehen.

Damit sind auf einmal alle Dinge übersichtlich geworden, wie wenn von einem sehr hohen Berge aus Stadt und Land, viel tausend Menschen und ihre Werke, Wälder und Wiesen, Natur und Kultur in ein Bild zusammenfließen. So hoch ist dieser Standpunkt, daß sogar so große Dinge, wie Sein und Geschehen, Welt und Weltprozeß noch immer in eines zusammenfallen, in den Begriff des Gesetzmäßigen. Von ganz hohen Bergen aus erlebt man das wundersame Phänomen, daß altbekannte, liebvertraute Dinge von höchster Sinnenfälligkeit, die Bank, auf der man vor dem Aufstieg ruhte, der große Baum, der dabei schattendes Obdach bot, die Hütte der nächtlichen Rast dann von oben gesehen, verschwunden sind, eingeschmolzen in die grüne oder blauduftige Tafel einer Wiese oder eines Waldes, aufgelöst in das flache Grau und Einerlei, mit dem sich alles durch große Distanz vor dem Menschenauge verhüllt. Genau so geht es mit dem Denken. Auch die Begriffe verschmelzen ineinander, wenn man sie

von fernsten Fernen anblickt, auch sie verwandeln sich in ein graues, unfaßbares Nichts. So gewohnt ist man das, daß man diesem Unfaßbaren längst einen Namen gegeben hat. Man nennt es Abstraktion. Und hat vielleicht als bewundernswerteste Abstraktion des Menschengeistes sich gewöhnt, diesen Abstraktionen Zeichen zu geben, Erkennungsmarken, die man Zahlen nennt, um dann mit ihnen zu rechnen.

Die Stunde jener unerhörten Erfindung hieß die Geburtsstunde der Mathematik. Gemeint ist mit ihren Zahlen immer die ganze Welt, aber von dem höchsten der Denkberge aus besehen, so daß alle Dinge zu blassen, grauen, wesenlosen Abstraktionen einschrumpfen. Die Zahl ist gleichsam das allerinnerste, geheimste Skelett aller Dinge, das allen gemeinsam ist. Zauberisch und grauenhaft zugleich ist diese Kraft des mathematischen Denkens. Duftend, sinnberückend und verwirrend mit holden Farben, schönen Dingen und einer unübersehbaren Mannigfaltigkeit liegt der Zaubergarten des Lebens um uns gebreitet — der Mathematiker tritt herein, und sofort bleichen die Pfirsichwangen der schönen Frau, verdorren die Blumen, versinken die Berge, alles Fleisch fällt ab in einem grausen Totentanz, wie Rauch verflüchtigt sich die Erscheinung der Sinne, und von jedem Ding bleibt nur mehr das blasse, letzte Skelett: sein Zahlenwert. Und alles Geschehen: Liebesblicke, heiße Küsse, stumme Trauer, dunkle Taten, stolze Leistungen verrauchen in ihr Wesen: sie sind nun Funktionen der Zahlen. An Stelle des erlebten Augenblicks steht starr, gespenstisch, tot und doch voll innerem Leben und kristallklar und beherrschbar: die mathematische Formel.

So steht am Anfang unserer Welt, solange sie ruht als Abbild göttlicher Ewigkeit, mit dem tiefen Blick eines Auges, in dem sich eine Welt spiegelt, die Gleichung $1 = 1$.

Sie ist einfach das Tempelmysterium der innersten Cella im Tempel Gottes selbst. Und wenn man einmal erfaßt hat, welche magische Bedeutung der Mathematik innewohnt, dann ist sie die fesselndste und wichtigste aller Beschäftigungen. Auf einem Bogen Papier, mit einem Bleistift in der Hand, beherrscht man durch sie „unsere Welt".

$1 = 1$ ist der Inhalt eines großen Buches. $1 = 1$ sagt, daß alles mit sich identisch sei, daß alles, um sich zu erfüllen, immer auf sich selbst zurückkehren muß. Nimmt man etwas weg, tut man etwas dazu, kann es nicht mehr eins sein, sondern nun beginnen mathe-

matische, berechenbare, also gesetzmäßige Prozesse; aus dem Sein wird das Geschehen, das so lange dauert, bis eins wieder eins ist.

Alles muß daher seine beste Form, sein Optimum haben, das zugleich sein Wesen ist. Mit anderen Worten, da der Satz gar so wichtig ist; es gibt für jedes Ding, sei das nun eine Sache oder ein Gedanke, gesetzmäßig nur *eine* Form, die allein dem Wesen des Dinges entspricht und die, wenn sie geändert wird, nicht den Ruhezustand, sondern Prozesse auslöst. Diese Prozesse wirken zwangsläufig, nämlich gesetzmäßig durch immer wieder einsetzende Zerstörung der Form, bis wieder die optimale, die essentielle Ruheform erreicht ist, in der Form und Wesen wieder eins sind.

Diese Rückkehr erfolgt auf dem kürzesten Wege. Man nennt ihn den des kleinsten Kraftmaßes und hat das im Alltagsleben längst erfaßt, weil jeder weiß, daß der kürzeste Weg stets der beste ist. Dieses kleinste Kraftmaß ist auch ausgedrückt, wenn 1 = 1. Denn die Identität ist zugleich der kürzeste Weg zu sich selber. Die optimale Form ist auch die des kleinsten Kraftmaßes, die der intensivsten Funktion.

Wie eine Keilinschrift in die Felsen, sind mit diesen lapidaren Sätzen die Grunderkenntnisse über Form und Funktion unvergänglich in unser Erkennen eingemeißelt.

Was vor zwei Menschenaltern so viel bestaunt und maßlos bewundert wurde, der Gedanke der *Auslese*, ist durch diese höchst einfachen und so klaren Ableitungen, daß jeder sie im eigenen Denken nachprüfen kann, als geradezu selbstverständliches Weltgesetz erkannt. Jede Form ändert sich, keine ist dauernd, bis sie nicht die optimale Form ist, die dann stets dem Wesen der Dinge entspricht. Ununterbrochen werden so durch eine automatische Weltselektion die Formen ausgelesen, und alles Unvollkommene ruht so lange nicht, bis es nach seiner Art vollkommen wird. Alle Änderungen vollziehen sich aber auch im Rahmen des Gesetzes vom kleinsten Kraftmaß, das, auf die Prozesse angewendet, auch *Ökonomiegesetz* heißen kann.

Es ist das Gesetz jeder Funktion, daß sie selektiv zum kürzesten Prozeß zu werden trachtet. In ein ganz einfaches Beispiel umgesetzt: ein Stein, der seine Ruhelage verloren hat, trachtet, auf dem kürzesten Wege sie wieder zu finden, und von vielen Steinen, die bergab rollen, wird der am raschesten die Ruhelage wieder erlangen, der senkrecht zur Tiefe fällt. Der Vorgang selbst wirkt in seiner berechenbaren Unbedingtheit und Gleichmäßigkeit gesetzmäßig auf uns; wir sehen ihn

oftmals sich abspielen und abstrahieren aus diesen Erfahrungen den Begriff Gravitationsgesetz, noch allgemeiner den des Naturgesetzes.

Der kürzeste Weg, auf dem ein Prozeß sein Ende erreicht, ist sein Naturgesetz; der kleinste Widerstand, den ein Ding gegen die Herstellung seiner dauernden Ruheform leistet, wird erreicht, wenn es seine optimale Form, seine Funktionsform im mathematischen Sinn annimmt.

Ich gebe ohne weiteres zu, daß ich mit diesen Gedanken einen beschwerlichen, anstrengenden Weg gehe. Aber wer mitging, wird mir zugeben, daß nun die Höhe erreicht ist und durch eine unbeschreiblich weite Aussicht belohnt wird.

Denn man versteht nun, was Naturgesetze sind und daß zu jedem Prozeß ebenso notwendige Urformen dessen, was sich ändert, gehören. Wenn man aus den Regionen dieser höchsten Abstraktionen, in deren klarer Eisesluft man glaubt, nicht lange atmen zu können, herabsteigt, so kann man das gleiche viel verständlicher und alltaggewohnter ausdrücken in dem uns nun vollständig motivierten Satz: Jeder Vorgang hat seine notwendige technische Form.

Die technischen Formen entstehen immer als Funktionsform durch Prozesse. Sie folgen dem Gesetz des kürzesten Ablaufes und sind stets Versuche, um optimale Lösungen des jeweils gegebenen Problems anzubahnen. Jeder Prozeß schafft sich so selbst seine technische Form, Kühlung erfolgt nur an auskühlenden Flächen, Druck nur an Druckpunkten, Zug an Zuglinien; Bewegung schafft sich Bewegungsformen, jede Energie ihre Energieform.

So hat auch das Leben seine Lebensform. Jeder seiner Funktionen entspricht eine bestimmte Gestaltung. Und das Leben als zusammenwirkende Einheit hat seine eigene Individuation. Jedermann, der heute auch nur ein wenig naturwissenschaftliche Bildung hat, kennt sie bereits. Es ist das Protoplasma in seiner „technischen Form", der Zelle.

Eine vortrefflich handsame Definition der Zelle bietet sich dadurch dar: sie ist die technische Form des Lebens.

Mit einem Schlag ist durch sie alles verständlich an dem abenteuerlichen und fremdartigen, kleinen, grauen Untier, das man eine protoplasmaerfüllte, lebende Zelle nennt. Alle ihre Absonderlichkeiten sind

dadurch erklärt, daß man sie als die optimalen Formen der Lebensfunktionen ansieht. Was kann das Lebende alles machen, was muß es machen, um am Leben zu bleiben? Es muß, da es auf die Dinge der Welt wirken will, selber dinghaft, substanziell sein. Es muß also Materie haben. Die Zelle muß, bevor sie sich spezialisiert, die Fähigkeit besitzen, jede Form anzunehmen. Daher ist das Protoplasma flüssig und elastisch; es ist amöboid. Seine Außenschicht ist die technische Form einer unbegrenzten Beweglichkeit, sie ist nämlich formlos, daher imstande, jede Form anzunehmen. Je nach der Bewegungsart gestaltet daraus die Bewegung ihre für sie optimale Funktionsform: das Scheinfüßchen zum Kriechen, den wogenden, wallenden Saum zum Fließen, die Geißel zum schnellen Schwimmen.

Im Protoplasma selbst hat wieder jede seiner Tätigkeiten sich nach dem Gesetz des geringsten Widerstandes entsprechende Teile herausmodelliert: die Fortpflanzung den Zellkern, die Ausscheidung ihre luft- und flüssigkeitsgefüllten Blasen und die abgeschiedenen Stoffe, zusammengedrängt in den kleinsten Raum, die kugeligen Körnchen (vgl. Abb. 2).

Bis zur letzten Grenze des Sichtbaren hinab ist kein Teilchen darin, das nicht dem Gesetz der technischen Formen gehorchte. Und ihm unterworfen ist auch die Zelle als Ganzes, ob sie nun als Einzelgebilde staubkorngroß für sich dahinlebt oder selber nur Teil eines größeren Systems ist, das aus der Nacht der Unsichtbarkeit heraustritt und auch der alltäglichen Erfahrung als Pflanze und Tier wohl vertraut ist.

Für alle Funktionen hat die Zelle alle technischen Formen bereit. Verharrt sie in vollkommener Ruhe, sind in ihr alle Vorgänge zum zeitweiligen Stillstand gekommen, dann kehrt sie zu der Urform aller Formen, zur Kugel, zurück. In der Kugel kommt Innen- und Außendruck zum vollkommen ebenmäßigen Ausgleich; damit gelangt eine Fülle von Prozessen zur Ruhe. Die Kugelform verwirklicht das Ideal des kleinsten Kraftmaßes. Daher wird alles Sein zwangsmäßig das Zurruhekommen seiner inneren Spannungen erst dann erreichen, wenn es die Kugelform erreicht. Das gilt für die Sterne und Weltsysteme so gut, wie für die Erde, aber auch für jede Materie,

Zu Abb. 2. Die Struktur des Protoplasmas.
1. Wabenstruktur aus einer Schwingfadenzelle. 2. Wabenstruktur eines Bakteriums (Bact. lineola). 3. Kernstruktur eines Infusoriums. 4. Schema der Struktur der protoplasmatischen Elementarfäden nach Fayod und Entz. 5. Fadenbildungen in einem sich teilenden Zellkern. 6. Protoplasmat. Schaumbildung eines Urtieres (Collozoum). 7. Plasmatische Spiralfäden (Samenfaden einer Schnecke [Aeolis]).

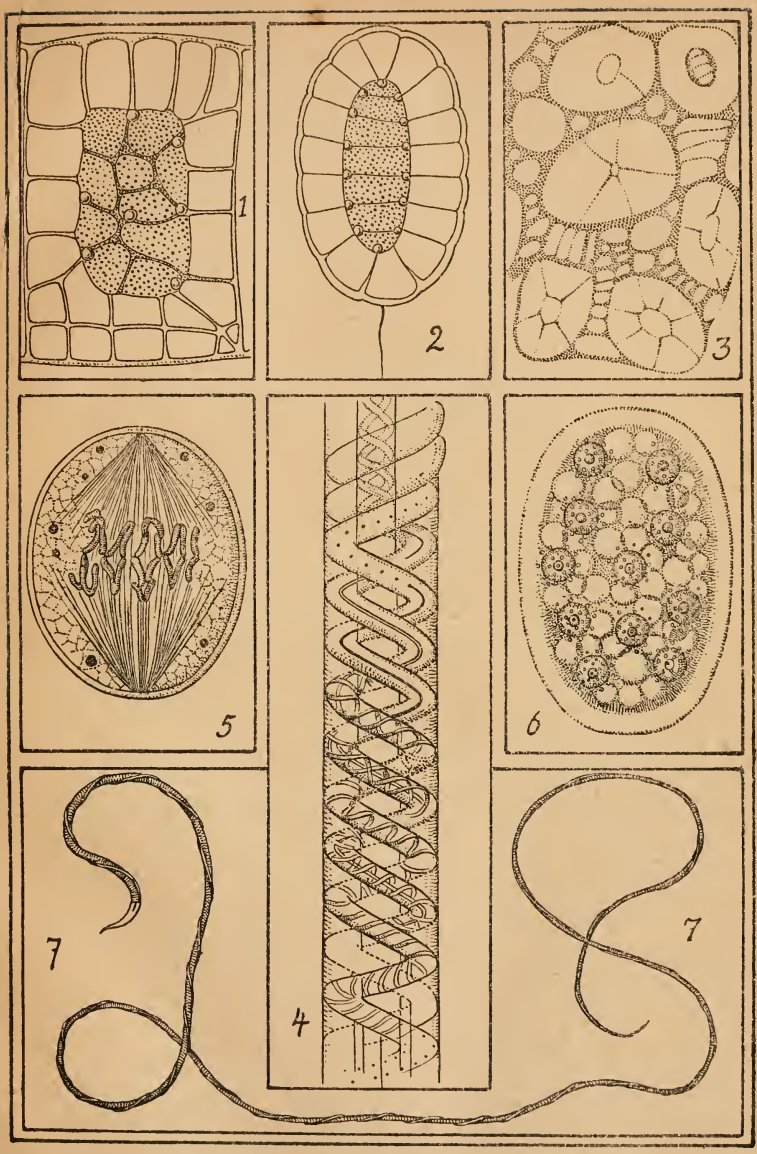


Abb. 2. Protoplasma. (Erklärung nebenstehend.)

denen Menschenhände ihre Form verlieh, oder das kleinste Eichen irgendeines Lebewesens und das letzte kleinste Körnchen darin, im verborgensten Innern. Dieses Gesetz greift unbekümmert mitten in unsere Kultur und in alle Einbildungen des sich souverän dünkenden Menschengeistes hinein; wo der Mensch alle Teilnehmer gleichmäßig an etwas beteiligen will, muß er einen Kreis bilden. Das ist einmal vorgeschrieben durch die Notwendigkeit, welche der wahre Gott der daseienden Dinge ist.

Es schreiben sich also die Eigenschaften selber mit Notwendigkeit ihre Formen vor. Darum läßt sich stets — und das ist der wichtigste Satz der technischen Formenlehre, deren Anfangsgründe wir hier studieren — aus der Gestalt die Tätigkeit, die Ursache der Form erschließen. In der Natur sind alle Formen erstarrte Prozesse und jede Gestaltung, an der wir uns ergötzen, eine Notwendigkeit.

Ein bestimmtes, in hundert Varianten wechselndes Spannungssystem äußert sich als Kristallform. Bisher ging man durch das Mineralienkabinett mit dem Auge des Schönheitssuchers und dem unbeschwerten, leeren Geist reiner Ergötzung; von nun an erzählt uns die stumme Welt der Dodekaëder und Klinorhomben, der blitzenden Drusen und farbensprühenden Edelsteine die Geschichte der in ihnen verborgenen Kräfte. Wo immer Spannung und Druck die gleichen Aufgaben zu erfüllen hat, entsteht die gleiche Kristallform, sei das nun tief verborgen im Innersten eines gußeisernen Trägers, im starren, dunklen Porphyrfelsen tausend Meter unter sonnigem Gefild, oder im grünsonnig durchleuchteten Bezirk eines Stengels als Zellgestalt der Gewebe, oder als Gebilde von Menschenhand im kleinen und im großen. Der Holzklotz oder der Baustein oder das Glasstück entfaltet so lange nicht die einem Würfel oder Prisma innewohnenden Eigenschaften, bis wir ihm nicht die Würfel- oder Prismenform geben. Zwangsmäßig schaffen wir die Natur nach, um unseren Werken die Eigenschaften der Natur zu verleihen.

Darum muß alles, was ziehen soll, bandförmig sein: die Muskelfaser, das der Strömung ausgesetzte Blatt des Seegrases Najas, die kaum einen tausendstel Millimeter lange Fibrille im tiefsten Innern der sich teilenden Zelle, welche die Hälften des Zellkerns auseinanderziehen soll, die großen Muskeln und Sehnen im Tierkörper und Menschenleib, die Seile der Schiffsleute, der Zugriemen des

Pferdegeschirrs und der Treibriemen der Transmissionen. In der fast grotesken Vielheit dieser Zugfunktionen kehrt gesetzmäßig ein und dieselbe Zugform: das Band, wieder, denn es ist die optimale technische Form des Zuges. Lebten wir noch in der Antike, so würde ich am besten verstanden werden, wenn ich sagen würde: Auch sie ist eine der Demiurgen, welche die Welt erhalten und sie erhaltend stets aufs neue schaffen.

Alles, was sich stützen will, muß sich auf einen Stab stützen; der Greis auf den seinen, das Dach des Tempels auf die Reihe der Säulen, die ja auch nur dicke Stäbe sind. Säulenförmige Stämme erbaut

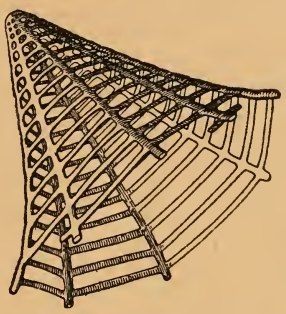


Abb. 3. Coelestinskelett einer Nassellarie, das dem Plasma dieses Einzellers als Stütze dient. (Vgl. dazu Abb. 5—8.) Nach Haeckel vergr.

aber auch die Palme, um ihre Wedelkrone zu stützen, die Buche um der grünen Last ihres Laubes willen; einen Hohlstab stellt jeder Getreidehalm auf, um daran seine Ähre zu schaukeln, ein Stab ist der Knochen meines eigenen Schenkels, Stäbe strecken die kleinsten Einzeller aus, wenn Stützfunktionen zu ihren Lebensnotwendigkeiten gehören, eine natürliche Säule modelliert auch Regen und Wind aus dem Lehm, wenn ein widerstandsfähiger Felsblock an lehmiger Halde langsam zur Bekrönung einer Erdpyramide wird.

Alles, was bohren, durch etwas dringen soll, muß die Form der Schraube haben.

Das winzige Bakterium schraubt sich dadurch durch die Welt des Wassertropfens, die schreckliche Spirochaete dringt durch ihre Schraubengestalt in alle Gewebe, zwischen alle Zellen des Luëskranken, die leichte, schraubige Gestalt der Flügelchen der Ahornfrucht

dient genau so zur Fortbewegung in der Luft, wie die Propeller des Flugzeuges und die ungeheure Flügelschraube am Ozeandampfer zum „Durchschrauben" des Wassers. Wegen seiner Schraubengestalt dringt der Bohrer leichter in das Holz ein, als der Nagel; wegen ihr sitzt die Schraube inniger, denn der Pflock.

Also nicht wir haben letzten Endes Schrauben, Bohrer, Propeller erfunden und nicht die Bazillen und Geißelinfusorien und Pflanzen, auch nicht die Luft, die sich am schnellsten in schraubigen Wirbeln bewegt, sondern über allem Geschehen steht ewig aufgerichtet das Gesetz, tief zu innerst begründet im Bau der Welt selbst: Bewegung in spiraliger Linie überwindet Widerstände leichter, als Bewegung in gerader Linie; daher kommt sie viel häufiger zustande, wenn sich die Form der Spirale anpaßt, als wenn sie es nicht tut. Wenn sich ein Gegenstand nach vorne zu bewegt, erleichtert schon das geringste Abweichen gegen die Spirale zu seine Bewegung, und so modelliert schon der Widerstand, den er findet, automatisch an ihm; mit anderen Worten: die Art der Bewegung selbst schafft sich das optimale Bewegungsorgan.

Kristallform, Kugel, Fläche, Stab und Band, Schraube und Kegel, das sind die grundlegenden technischen Formen der ganzen Welt. Sie genügen sämtlichen Vorgängen des gesamten Weltprozesses, um sie zu ihrem Optimum zu geleiten. Alles, was ist, sind wohl Kombinationen dieser sieben Urformen, aber über die heilige Siebenzahl geht es nicht hinaus. Die Natur hat nichts anderes hervorgebracht, und der Menschengeist mag schaffen, was er will, er kommt immer nur zu Kombinationen und Varianten dieser sieben Grundformen.

Unglaublich scheint das, und eifrig untersucht man seine Umgebung daraufhin. Da steht ein Haus vor meinen Augen, eine der schönen alten Giebelbauten des ausgehenden Mittelalters. Ich lege meinen Maßstab an, und was ist es: ein Würfel, auf dem das Dach als Prisma sitzt. Die Dachwand sind Flächen; in den Voluten des Giebels kehren die Schneckenlinien der Schraube wieder, an der Fensterumrahmung liegen Stäbe, die Einfahrtshalle stützen Säulen, d. i. runde Stäbe, den Dachreiter bekrönt eine Kugel, vom Größten bis ins Kleinste ist an diesem schönen alten Bau nichts, was nicht aus den sieben technischen Grundformen der Welt abzuleiten wäre.

Auf meinem Arbeitstisch blickt jeden Tag ein Strauß frischer Feldblumen zu mir herüber. Jede Woche sind es andere, und in dieser:

Hartheu, Knautien, die Campanula der Wiesen, Hornklee und Flokkenblumen. Zusammen ein Griff aufs Geratewohl ins Leben der Natur. Sinnend analysiere ich ihre Formen. Flächen sind Blatt und Blumenblatt, in der Krone der Glockenblume sind die Rundung der Kugel, die Formen des Kegelmantels mit Flächen zusammengefügt. Wie in einem Rokokoornament kehrt die Muschellinie und die Schrau-

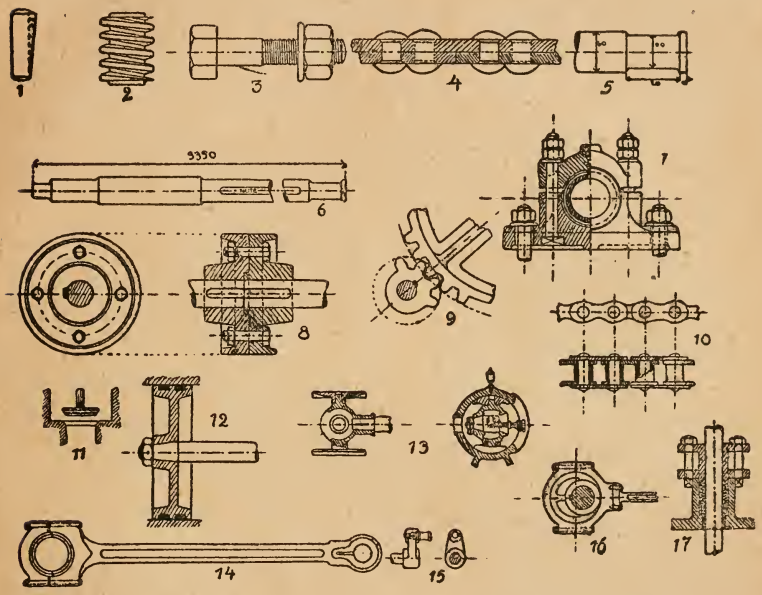


Abb. 4. Die Elemente, aus denen sich alle Maschinen zusammensetzen.
1 Keil. 2—3 Schraube. 4 Niete. 5 Zapfen. 6 Welle. 7 Lager. 8 Kuppelung. 9 Zahnrad. 10 Kette. 11 Ventil. 12 Kolben. 13 Kreuzkopf. 14 Schubstange. 15 Kurbel. 16 Exzenter. 17 Stopfbüchse. Diese sämtlichen Teile gehen, wie ersichtlich, auf die technischen Grundformen zurück. (Vgl. S. 17.) (Originalzeichnung von Walter Francé, München.)

benfläche wieder, die ja beide Abkömmlinge der Spirale sind; die Stengel sind Stäbe — alle Grundformen sind zwar umgeprägt in sinnvolles Leben, aufs höchste verwickelt und abgewandelt, aber nach einer Viertelstunde Schauen und Denken habe ich noch immer nichts anderes gefunden, als die sieben Formbestandteile der Welt, und gebe erschöpft meinen Versuch auf.

Von der künstlerischen Baugestaltung ging ich zu des Lebens holdester Kunst mit meinen Versuchen und fand nichts Neues. Nun mag

mich ein Meisterwerk menschlichen Scharfsinnes eines Besseren belehren. Ich trete vor eine moderne Dampfmaschine, eine Lokomotive etwa, und suche nach der Widerlegung meines Satzes. Ich weiß von der Lehre von den Maschinenelementen her, was ich zu erwarten habe. Keile, Schrauben, Nieten, Zapfen, Wellen, Lager, Kuppelungen, Zahnräder, Ketten, Kolben, Kolbenstangen, Kreuzköpfe, Stopfbüchsen, Kurbeln, Exzenter, Kurbelstangen, Zylinder, Rohre, Ventile — aus mehr besteht keine Maschine, die je eines Menschen Hirn ersonnen hat (Abb. 4).

An jedes Maschinenelement lege ich mein Maß der sieben technischen Formen an, und jedes löst sich auf in Scheiben, Stangen, Schraubenflächen, Kristallformen, Kegel, Kugelflächen. Die ungewohntesten Teile, etwa ein Hyperboloidenrad, wie es an den Spinnereimaschinen verwendet wird, sind doch inbegriffen in der Schraubenfläche, welche auch die Natur kennt.

Es gibt keine Form der Technik, welche nicht aus den Formen der Natur ableitbar wäre. Und da überkommt mich, wie jeden, der diese Tatsachen ganz in sich aufgenommen hat, langsam die Erschütterung vor der Größe der Einsicht, was hier eigentlich vorliegt! So groß können also Gesetze sein, daß sie Leben, alles Leben, Technik, die gesamte Technik und Industrie, Baukunst, alle Künstlereinfälle von den Pyramiden bis zu den expressionistischen Bauexperimenten der Gegenwart, immer noch auf eine Formel bringen! Mit heißgewordenem Kopf und heftiger schlagendem Herzen sucht man weiter: Aber alles, was man anrührt, wird Asche in der Flamme dieses Gedankens; auch die Formen der Mineralien, der Erze, der Gesteine, der Gebirge, der Himmelskörper, auch die der chemischen Verbindungen, der Geographie, sogar die des Menschenleibes selbst, die jeder künstlerischen Gestaltung lösen sich auf in dieser Flamme, sie zergehen in die magische Formel der sieben Weltelemente . . .

Es gibt nur sieben technische Grundformen! Sie sind das ganze Um und Auf der Architektur, der Maschinenelemente, der Kristallographie und Chemie, der Geographie und Astronomie, der Kunst, jeder Technik, ja der ganzen Welt. Und auch das die Welt bevölkernde Leben hat keine anderen Gestaltungsmöglichkeiten hervorgebracht.

Den wichtigsten Beweis dafür habe ich schon angetreten, als ich zeigte, daß die Zellenform an sich nichts, als die technische Form des Lebens sei. Unendlich mannigfaltig ist diese Gestaltung, denn es gibt

nicht nur 60 Zellenformen in den tierischen und menschlichen Geweben und 16 in den pflanzlichen, sondern auch an 6000 einzellige Kieselalgen, 4000 Zieralgen, an 8000 Radiolarien, 3000 sonstige tierische Einzeller, zusammen wohl an 25 000 Zellformen, die voneinander, wenn auch oft nur in geringfügigen Merkmalen, aber doch verschieden sind, sonst wäre es eben nicht möglich gewesen, so viele Arten zu beschreiben. In einem derartigen Reichtum hat die Gestaltungskraft des Lebensstoffes jede Möglichkeit verwirklicht, so daß jede Künstler-

Abb. 5.

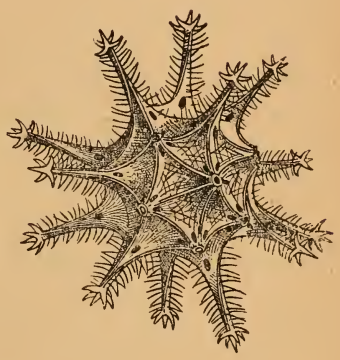


Abb. 6.

Abb. 5—6. Technische Einrichtungen der Einzeller (Radiolarien), welche Festigung des weichen Plasmakörpers mit Schwimmfähigkeit nach dem Gesetz des kleinsten Kraftaufwandes und des Optimums vereinen.

phantasie dagegen nur als stümpernde Kopie erscheint. Man hat das unmittelbar durch den Versuch bewiesen, denn man hat Künstler eine Form für dekorative Zwecke variieren lassen, und sie haben es nur auf wenige Dutzend Varianten unter Zuhilfenahme ihrer ganzen Phantasie gebracht, während in der Welt der Einzeller Hunderte fertiger Modelle dafür vorliegen. Um sich das nachhaltig als Überzeugung einzuprägen, mache man doch selbst auf einem Blatt Papier den Versuch, eine der Grundformen, etwa die der Kugel, durch alle Möglichkeiten des Eiförmigen, Elliptischen, der Hohlkugel, Gitterkugel, des Morgensterns usf. abzuwandeln, und man wird sehen, wie bald man stockt. Dann aber schlage man einen der Folianten der Algenkunde auf, etwa ein Werk über Zieralgen, und für immer wird

man von nun an die Ansicht vertreten, daß der Lebensstoff ein Gestaltenerfinder ist, mit dem der Menschengeist nicht in Wettbewerb treten kann.

Was man dabei aber in der Welt der Zellen erlebt, das tritt nochmals an die Sinne heran, wenn man die Gebilde betrachtet, zu denen sich die Zellen zusammensetzen. Lange, bevor die Wissenschaft die Begriffe Zelle und Organismus begriffen hatte, um die Zeit, als man gerade mit elenden Vergrößerungsgläsern die ersten stümpernden

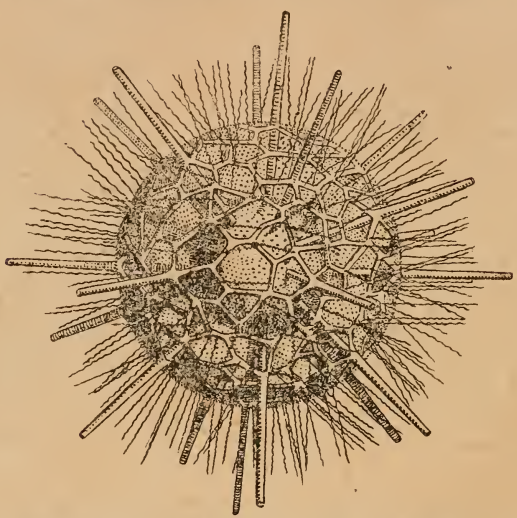


Abb. 7. Eine „Kunstform der Natur", welche in Wirklichkeit ein technisches Meisterwerk an Stabilität und ökonomischer Konstruktion ist.

Versuche machte, in die wahre Herrlichkeit des Lebens hineinzusehen, faßte jener phantastische Schwede Swedberg, den die Welt nur mit seinem Adelsnamen Swedenborg kennt, und dessen Phantasien auch Goethe auf das tiefste beeinflußten, den für jene Tage geradezu überwältigenden Gedanken, daß die Welt eine große Einheit sei. Eine ewige Abwandlung derselben Dinge, eine Wiederkehr gleicher Gesetze, nur auf verschiedenen Stufen, einmal verborgen im Allerkleinsten, dann mit den Schritten der Giganten, aufgeführt von Felsen und Bergen, in Sternenschrift auf den Himmel geschrieben oder unsichtbar geworden und vergeistigt, tief versenkt als Gefühl, Schauen und Denken in Menschenbrust und Menschenhirn.

Man hat den träumerischen Bergwerksassessor von Stockholm längst vergessen und gar nicht bemerkt, daß es eigentlich *sein* Gedanke ist, wenn heute die Biologie ungescheut den Begriff der *Integrationsstufen* anwendet und darunter versteht, daß die Gebilde und Gesetze des Einzellerlebens sich auf höherer Stufe wiederholen. Auch die Physik kennt diesen Begriff, und es ist ihr durchaus

Abb. 8. Coelestinskelett eines Radiolars der Warmwassermeere. (Vgl. Erklärung zu Abb. 5—6.) Abb. 5—8 nach Haeckels Challengerwerk.

geläufig, die Welt der Elektronen mit einem Sonnensystem zu vergleichen, in dem die Bewegungen und Verhältnisse des gestirnten Himmels gewissermaßen im Unsichtbaren wiederkehren.

Die technische Formenbildung, welche die Sinne entzückt und verwirrt in der Welt der Einzeller, folgt genau dem Zauberstabe des gleichen Gesetzes, wenn man die aus Zellen erbauten Meisterwerke, die Blätter, Früchte, die Tiere und Pflanzen selbst betrachtet. Der

gleiche unerschöpfliche Reichtum und die gleichen technischen Formen finden sich auf höherer Integrationsstufe wieder, immer im Banne des Gesetzes der sieben Grundformen und ihrer zwangsläufigen Verflechtung als Werkzeug der Funktion.

Sogar innerhalb der Zelle ist es nicht anders, und untergetaucht unter den Sehwinkel unseres Auges, der für unser Gefühl die Begriffe groß und klein festsetzt, kehrt im Winzigen, an der Grenze des auch durch ein Mikroskop Sichtbaren das gleiche Gesetz wieder, das alles Lebende durchprägt: das Gesetz der technischen Form.

Noch ist jene kleinste der Kleinwelten: die intrazellulare Welt, nicht voll erschlossen dem Auge des Menschen. Sind doch erst seit dreißig Jahren die Mikroskope so leistungsfähig geworden, daß man in den Zellen, den Zellkernen, den Blattgrünkörnern und dem feinen Schaum des Lebensstoffes den allerfeinsten und geheimsten Bau erspähen kann.

Unbeschreiblich fesselnd, aufregend, wie wenn man auf verbotenen Pfaden wandeln würde, ist es für das Auge, hinabzutauchen in eine Welt, in der der tausendste Teil eines Millimeters im Geviert schon ein Raum ist, dessen innere Einrichtung nicht weniger verwickelt und vollkommen erscheint, wie dem jungen Mediziner die erste Leiche, an die er mit vor geheimer Scheu pochendem Herzen am Seziertisch tritt (vgl. Abb. 2).

Innerhalb der Zelle sieht man wieder eine Welt von Zellen, noch kleinere Bausteine des Lebensstoffes, die man Waben nennt und die eine Zelle in genau der gleichen Weise aufbauen, wie der Organismus von Zellen aufgebaut wird. Außer den Waben und in ihnen gibt es noch kleinste Körnchen und dann wieder Fäden, Bänder, Schraubenbänder und winzige Prismen. Aus solchen sind z. B. die Muskelfasern und Nervenzellen zusammengesetzt, und ein ganzes Sternsystem allerzierlichster Fäden spannt sich in jeder Zelle aus, wenn sie sich teilt (Abb. 2/5).

Alle diese Bestandteile folgen wieder dem Gesetz der sieben technischen Grundformen, und schon das allein läßt erkennen, daß auch der intrazellulare Mechanismus kein anderer sein kann, als jener, der sich im Leben der Zellen und der Organismen überhaupt äußert.

Gleichviel, auf welcher Integrationsstufe, einheitlich regelt ein und dasselbe mechanische Gesetz die gesamte Lebensbetätigung, und was wir voraussetz-

ten, als wir an die Erforschung der Zelle als technischer Form des Lebens herantraten, das ist nun bis in die letzten Folgerungen durchdacht und bewiesen zur Gewißheit geworden.

Die Gesetze des geringsten Widerstandes und der Ökonomie der Leistung erzwingen es, daß gleiche Tätigkeiten stets zu den gleichen Formen führen, daß auf der ganzen Welt einheitlich alle Prozesse stets im Rahmen der sieben Grundformen alles Seins ablaufen müssen.

Damit ist die Analyse des Grundgesetzes aller technischen Gestaltung vollendet und eine der vielleicht folgenschwersten praktischen Einsichten unseres Kulturlebens bis auf den Grund durchsichtig geworden: die Technik der Natur (der Zellen, der Pflanzen, der Tiere) und die des Menschen ist nämlich einheitlich auf eine im Bau der Welt begründete Tatsache zurückgeführt.

II.

Wenn man mit dem neuen Blick, den die soeben errungene Erkenntnis verleiht, durch die Welt der Pflanzen geht, ist Feld und Garten, Wiese und Wald, die Kleinwelt des Wassertropfens auf einmal in eine Art Freilichtmuseum und Modellsammlung der technischen Wunder verwandelt, nach Art jener Museen, aus denen die Kunstgewerbler aus den zusammengetragenen Schätzen der Vorzeit sich die Anregungen für ihre Arbeiten zu holen pflegen.

Es wäre ein wahres Monumentalwerk in vielen Bänden notwendig, um das, was dieses Museum für das technische Kulturleben an Modellen und Vorbildern bietet, ganz ausbreiten und nutzbar machen zu können; *) in dem Rahmen, wie er mir hier zu Gebote steht, muß ich mich auf eine Führung beschränken, die nur bei wenigen, ausgewählten Meisterwerken der schaffenden Natur stehen bleibt. Aber gerade diese Art, ein Museum zu besichtigen, ist von je die fruchtbarste gewesen und entläßt mit bleibendem Gewinn, während jene, die alles sehen wollen, ohne ein Fachstudium daran wenden zu können, nur Übermüdung ernten und letzten Endes ganz leer ausgehen.

*) Die Grundlagen einer wissenschaftlichen Begründung der Biotechnik enthält mein Werk: Die technischen Leistungen der Pflanzen. Leipzig. 8°. (Veit & Cie.) 1919. Vgl. auch Anhang

Aus dem ungeheuren Museum der Biotechnik würde ich als darin nun seit vielen Jahren bewanderter Führer nur sechs Säle aller Welt zeigen und doch behaupten, aller Welt dadurch einen richtigen Begriff der pflanzlichen Biotechnik beigebracht zu haben. Es sind das der Saal der Flagellaten, jener der Kieselalgen, der große Zentralsaal der Pflanzenzelle und die kleineren Räume des Blattes, des Stammes und der Frucht.

Der Eintritt führt uns hinab in die Kleinwelt, zu den Einzellern des Wassertropfens, zu Maschinen, welche gleich den wunderbaren Uhren, die in einer Perle Platz finden, vielleicht dadurch nur noch erstaunlicher sind, weil sie oft nicht einmal ein Sandkorn ausfüllen. Aber wir wissen schon: das Integrationsgesetz erlaubt dieses Wunder, und klein und groß sind Begriffe, die nur für einen Menschen, der sich daran mißt, Sinn und Bedeutung haben, nicht aber für das Universum.

Wenn man aus der goldbraunen Tiefe irgendeines ruhig dahinfließenden, kleinen Gewässers etwas von dem Uferschlamm entnimmt, dort, wo der Fluß in stiller Bucht am idyllischsten ist, etwa mit Wasserrosen bestanden und von dem Gewirr der Hornkräuter durchzogen, umsäumt mit den lieblichen Blüten der Pfeilkräuter und den großen, rosa Dolden der Schwanenblumen, wenn man dann in seinem kleinen Aquarium einige Blattstengel und Blätter faulen läßt, dann hat man soviel Studienmaterial für Flagellaten, um einen Sommer damit am Mikroskop verbringen zu können. Was sind Flagellaten? Einzellige Lebewesen, bald grün oder goldbraun und dann harmlos nach Art der Pflanzen lebend, aber auch glashell durchsichtig und dann gewöhnlich vollgestopft mit anderen einzelligen Pflänzchen, weil sie gefräßig sind, wie die Wölfe und wahre kleine, räuberische Tiger ihrer Welt.

Beide, die pflanzlichen und die tierischen Flagellaten, müssen

---

Zu Abb. 9. Flagellatenformen als technisch optimale Lösungen des Schwimmproblems.

1 Chilomonas paramaecium, eine der häufigsten Schnellschwimmformen. 2 Streptomonas ordata mit einem Schwimmkiel. 3 Anisonema sp. mit einer Schleppgeißel. (Vgl. S. 28.) 4 Urceolus costatus, eine Schraubenform. 5 Euglena tripteris, ein Propellervorbild. 6 Cyromonas ambulans, Propellerform, welche von den Resselschen Schrauben nachgeahmt wurde. 7 Trypanosoma sp., mit ihrer Spiralgeißel, welche in 8 besonders vergrößert dargestellt ist. (Vgl. S. 30.) 9 Tropidoscyphus octocostatus, eine noch unbekannte Schraubenform. 10 Heteronema spirale, eine Schraubenform, welche in den Turbinengeschossen Nachahmung gefunden hat. 11 Monade in moderner Propellerform. 12 Tetramitus costatus, mit einer noch unverwirklichten Form des Schiffsrumpfes, welche besonders schnelles Schwimmen ermöglicht. 13 Monade (vgl. Fig. 5, 6, 9, 10), welche eine neue Variante des Propellers verwirklicht. (Alle sehr stark vergr. nach Pascher.)

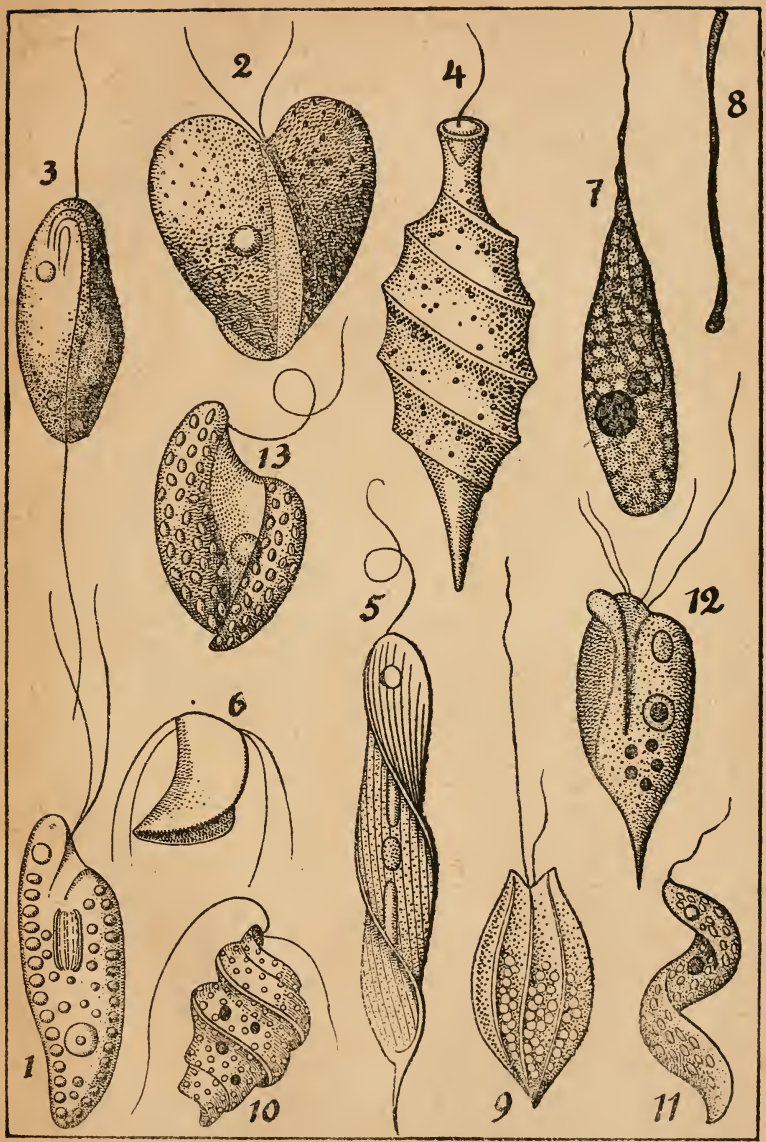


Abb. 9. Flagellatenformen. (Erklärung nebenstehend.)

zeitlebens schwimmen. Die einen, um unter den wechselnden Verhältnissen ihres Daseins stets das sie belebende Licht aufsuchen zu können. Emsig und unbeirrt, wie ein Stern an seiner Himmelsbahn, ziehen sie dann durch den Wassertropfen, in dem man sie beobachten kann, und steigen im stillen Wasser auf und nieder, manchmal schimmernd wie goldiger Staub, wenn die Sonne darauf spielt und die Tiefen durchleuchtet. Die anderen treiben sich stürmisch umher; sie sind die flinkeren, wie alle Raubtiere, schießen pfeilschnell auf ihre Opfer los, die sie oft erst nach einer geschickt geführten Verfolgung erhaschen.

Beide haben also das technische Problem des Schwimmens gelöst, ja, die Räuber sind einfach zur „Schwimmform an sich" geworden.

Das Gesetz des kleinsten Widerstandes gab ihrem Körper stets die zum Zerteilen des Wassers geeignete schmale Schiffsform. Da sie alle untergetaucht schwimmen, hat das zigarrenförmige Unterseeboot aus gleichem Zwang nur ihre Formen wiederholt. Ihr Ende ist oft in einen langen Kiel ausgezogen (Abb. 9/12); wenn die Stabilität des Schwimmens es erfordert, ist sogar ein regelrechter Kiel angebracht (Abb. 9/2), so daß also unsere Kielboote nur ein Prinzip des Plasmas verwirklichen. An Stelle des Kieles tritt sehr häufig eine eigenartige Erfindung, von der zwar nicht die Schiffe des Meeres, wohl aber die Luftschiffe längst Gebrauch machen und die es wohl verlohnen würde, nach dem bewährten Vorbild des Lebens auch einmal im Schiffsbau versucht zu werden. Abb. 9/3 stellt so einen kleinen, allerorten häufigen Flagellaten des Sumpfwassers dar, dem die Wissenschaft den klangvollen Namen Anisonema gegeben hat. Er verzichtet auf besondere Schwimmform, denn er trägt eine andere Erfindung am Leibe. An der Seite, die beim Schwimmen unten liegt, ist eine lange, schraubig gewundene Rille vorhanden, in der sich ein langes Tau befindet, das nachgeschleppt wird und als Steuer, außerdem zur Erhöhung der Stabilität dient. Es ist erstaunlich, mit welcher Sicherheit die kleine Anisonema, von der zehn auf den Millimeter gehen, im Wasser manövriert; wie ruhig sie schwimmt, wendet, wie sicher sie stoppt, wie überlegen sie ihr Element meistert.

Diese Rillen und Einschnitte kehren bei außerordentlich vielen Flagellaten, namentlich aus der Gruppe der Monaden, wieder, die mit zu den flinksten und gefräßigsten Räubern der Kleinwelt gehören. Sie durcheilen den Wassertropfen, wie Schwalben die Luft. Oft schießen sie mit solcher Geschwindigkeit durch das Gesichtsfeld des Beobachters,

daß nur eine blitzende Spur ihr Dasein verrät und der Neuling geblendet, verwirrt, aber auch entzückt von einem solchen Eilschiff Mühe hat, es überhaupt zu Gesicht zu bekommen. Abb. 9/12 stellt einen solchen losen Vogel des Wassers dar.

Seine Form ist in der Schiffsbautechnik der Menschen unbekannt. Als ich sie zwar ohne Normansche Formeln, aber in sinngemäßer Anwendung auf den Teil des Schiffsrumpfes unter der Wasserlinie übertrug, erklärte der Ingenieur, den man um die Vorberechnung eines solchen Modells ersuchte, erstaunt, daß hierdurch tatsächlich ein mobilerer Schiffstypus geschaffen werden könnte, oder, was sich gleichbleibt, bei gleicher Geschwindigkeit durch diese Rumpfform eine erhebliche Kohlenersparnis erzielt würde. Es unterliegt also keinem Zweifel, daß der Schiffsbau der Zukunft alle Ursache hat, die vielen merkwürdigen, pantoffelförmigen, absonderlich geschnittenen Flagellaten und auch Infusorien (vgl. dazu Abb. 9/1, 7) eingehend zu studieren. Vor aller Augen treiben sie sich als Luftschiff- und Marinemodelle umher, deren Brauchbarkeit durch das Leben und die praktische Anwendung seit Jahrmillionen erprobt ist. Denn die in jeder Funktion wirksame Selektion wird durch den Kampf ums Dasein, dem alle Lebenden ausgesetzt sind, um ein Vielfaches verschärft: jede durch ein lebendes Wesen angewandte „technische Form" ist einem solchen Wettbewerb ausgesetzt, wird dermaßen stündlich und allerorten auf ihre alleräußerste Brauchbarkeit hin geprüft, daß sozusagen nur „optimale Modelle" sich erhalten und fortpflanzen können. Auch in der Natur ist ein Patentamt tätig, das seine Diplome nur für die wirklich brauchbaren Erfindungen vergibt und keine in die Praxis zuläßt, der nicht unsichtbar, aber jederzeit bemerkbar die Anerkennung aufgeprägt ist: probatum est . . .

Berücksichtigen muß man bei den Schwimmformen des Wassers, daß sie mit einer etwas anderen Art von Motor rechnen, als die unseren. Wir haben seit Urzeiten nur das eine Mittel, uns im Wasser vorwärts zu schrauben. Dies geschieht entweder durch eine Ruderbewegung, durch die seitwärts eine Wassersäule in einen leicht spiraligen Wirbel versetzt wird,*) dessen Rückstoß den Schiffsrumpf vor-

*) Auch die Raddampfer, die scheinbar auf einem anderen Prinzip beruhen, erzeugen eigentlich einen spiraligen Wirbel, da der durch die Schaufelräder erzeugte Wasserstrom an dem gewölbten Schiffsrumpf beiderseits seitwärts nach außen in einer Schraubenlinie abgeleitet wird.

wärts schiebt. Er würde dadurch im Kreis gedreht werden; um das aufzuheben, wird beiderseits gerudert und durch einen Kiel oder in Fortsetzung seiner Wirkung durch ein Steuer der Wasserwirbel noch passend abgelenkt. Es ist nur eine Vervollkommnung des gleichen Prinzipes, wenn dieser schraubige Wirbel durch eine Schiffsschraube erzeugt wird, die, gewöhnlich am Hinterteil des Rumpfes befestigt, diesem eine Rückstoßbewegung erteilt.

Auch der Flagellatenrumpf wird vorwärtsgeschraubt durch ein höchst eigentümliches Ruder, dessen feineren Bau und Wirkungsweise man erst allerneuestens erkannt hat, dessen wahre Bedeutung sich sogar erst im Lichte der biotechnischen Idee jetzt entschleiert.

Man nennt dieses Ruder Geißel und hielt es für einen einfachen Faden, der wie eine Peitsche geschwungen wird (vgl. Abb. 9/3). Eine bis acht Geißeln kommen dem Flagellatenkörper zu, die sehr verschieden, meist aber am Vorderende angeheftet sind. Gewisse dieser Geißeln, so z. B. die auf Abb. 9/3 abgebildete Schleppgeißel der Anisonema, dienen ganz gewiß nicht zur Bewegung, sondern nur zur Steuerung und Balancierung. Sie haben auch einen anderen Bau, als die Bewegungsorgane. Diese sind keine Fäden — ich habe das selbst oft untersucht —, sondern bandförmig, wie die Ruder (vgl. Abb. 9/7, 8). Sie sind leicht spiralig gedreht und erzeugen durch ihre Bewegung einen so orientierten schraubigen Wirbel, daß dadurch der Rumpf sicher nach vorn getrieben wird. Häufig arbeiten zwei, manchmal vier Geißeln (Abb. 9/6, 12) in prachtvoller und unübertrefflicher Weise zusammen; es herrschen überhaupt sehr verwickelte Verhältnisse, die man in einer solchen allgemeinen Übersicht des biotechnischen Problems nur andeuten, nicht aber erschöpfend darstellen kann. Sie sind noch nicht einmal restlos erkannt, sondern werden erst jetzt erforscht werden, wenn sich die nautischen Ingenieure, aufmerksam gemacht auf die hier noch schlummernde Zukunft ihres Könnens, auf das Studium des Flagellatenkörpers vom Gesichtspunkt des Technikers aus werfen werden. Neuerdings hat man diese Arbeit (P. Metzner) von biotechnischen Gesichtspunkten schon in Angriff genommen und tatsächlich eine neue — in Modellen bereits nachgeahmte — Funktionsweise der Kegelschwingungen dadurch entdeckt, durch die das Gebilde in das Wasser „hineingesaugt" wird.

Nur soviel sieht man jetzt schon: die Lösung des Bewegungsproblems der Schiffe durch die „Geißelschraube" der Flagellaten ist ein idealer Fall ökonomischer Arbeitsleistung. Wenn wir, um

23 Seemeilen *) in der Stunde zu erzielen, Maschinen mit 40 000 bis 70 000 Pferdekräften und einem ungeheuren Kohlenverbrauch in Dienst stellen müssen, so erzielt eine kleine Monade nach meinen Messungen, umgerechnet auf ihre Größe,**) nicht 4,2 Millimeter Geschwindigkeit pro Stunde, wie es unseren besten Schnelldampfern entsprechen würde, sondern einen vieltausendmal besseren Effekt! Die Monade ist nämlich mit Hilfe ihrer Geißelschraube imstande, zwanzig Millimeter in der Sekunde zu durcheilen. Und dabei bewegen viele dieser wunderbaren Wesen nur grade den obersten Teil ihrer Geißel in einem regelmäßigen Wirbel, entfalten also nur einen geringen Teil ihrer Körperkräfte.

Eine derartig große Geschwindigkeit bedingt eine außerordentliche Steigerung des Widerstandes, den das Wasser gegen die Bewegung leistet. Er wird, wie uns schon bekannt (vgl. S. 29), ausgezeichnet abgeleitet durch die Verjüngung nach hinten und die Schraubenform des in das Medium eindringenden Körpers. Und so ist es denn einfach eine Notwendigkeit, daß fast alle sich schnell bewegenden Flagellaten spiralige Ableitungslinien, oft im ganzen Schraubenform angenommen haben, wofür ein Blick auf die Abb. 9/4—7 u. 9—11, sowie 13 Anschaulichkeit verschaffen wird. So allgemein ist diese Torsion, gerade bei den schnellen Schwimmern (sie kehrt übrigens auch bei den flinksten aller Bakterien, bei den Vibrionen und Spirillen, wieder), daß man schon dadurch aufmerksam gemacht wird, wie wichtig und zweckmäßig diese technische Form für die Erreichung optimaler Schwimmleistungen sein muß, wenn auch wir im allgemeinen die Tropfenform als Form des geringsten Stromwiderstandes gefunden haben.

Es wird sich die menschliche Technik diesen Vorteil jedenfalls bei den Torpedos und Unterseebooten nicht entgehen lassen können; so wie sie schon längst in einer anderen Anwendung sich das gleiche Prinzip zunutze gemacht hat, ohne zu ahnen, daß sie seit Anbeginn der Menschentage im Wassertropfen von den besten Vorbildern begleitet war. Die gezogenen Kanonenrohre verwenden spiralige Führungslinien, um dem sich ihnen entschraubenden Geschoß dadurch Vorteile auf seine Flugbahn mitzugeben.

*) Eine Seemeile = 1855 m.

**) Die Monade zu $^1/_{100}$ mm, der Schnelldampfer zu 200 m Länge angenommen, auch wenn man die Bewegungswiderstände im entsprechenden Verhältnis in die Rechnung einstellt.

Auch der Propeller ist nichts anderes, als eine Anwendung des gleichen Prinzipes, und wenn die Schiffsbautechnik im Laufe der Zeiten zu immer anderen Schiffsschrauben übergegangen ist und sowohl die amerikanische, englische, wie die deutsche Marine jede auf ein anderes Modell schwört, so erlaubt sich hiermit die älteste Schiffsbaufirma der Welt auf ihre reiche Modellsammlung hinzuweisen, unter denen sich eine ganze Anzahl Schiffsschraubenvorlagen findet (vgl. z. B. Abb. 9/6), die zwar von der Natur, noch aber nicht vom Menschen erprobt sind und wohl durch einen Versuch bald Sondervorzüge oder Anwendungen für bestimmte Fälle erweisen würden.

Freilich hat der allermodernste Techniker doch nur mehr ein überlegenes Lächeln für alle solche etwas veraltete Fragen, da er im Turbinenschiff eine Entdeckung von ganz anderer Tragweite gemacht hat. Aber im biotechnischen Museum der Natur wartet ebenfalls eine besondere Sammlung von Turbinenschiffen und Turbinen darauf, vom Menschen beachtet und kopiert zu werden.

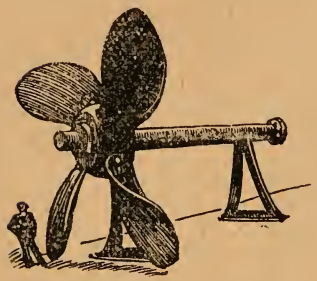


Abb. 10. Einer der größten Schiffspropeller der Welt, der in den Sammlungen des Deutschen Museums in München aufgestellt ist. (Vgl. dazu Abb. 9.)

Die heimischen Gewässer enthalten auch diese Modelle; will man sie aber in ihrer größten Vollendung sehen, muß man sich dorthin wenden, wo auch die besten Schwimmleistungen vom Bedürfnis des Alltags erfordert werden. Im Meere, auf der Hochsee treiben zu Millionen winzig kleine, im besten Fall nur den Bruchteil eines Millimeters messende, glaszarte, leicht goldigbraun schimmernde Pflänzchen, die die Botaniker mit dem Sammelnamen Peridineen belegten.

Ein Blick auf die Abb. 11 zeigt, daß sie merkwürdig, sogar hübsch gestaltet sind; ihre Beobachtung ergibt, daß sie eine abenteuerliche Lebensweise führen. Sie schweben frei im Wasser; je weiter weg von der Küste, desto sicherer sind sie vor der sie zerreibenden Brandung geborgen. Nicht darauf kommt es ihnen an, an der Oberfläche zu schwimmen; da wären sie der Zerstörung durch die Wellen ausgesetzt. Einige Fuß unter dem Wasserspiegel ist ihr Reich; dort, wo es schon ruhig, aber noch so hell ist, daß eine ehrsame Pflanze ihr Auskommen findet.

Um nun dieses Schweben in bestimmter Tiefe zu erzielen, haben sie gewisse technische Leistungen höchst verwickelter Art hervorgebracht. Ihr Körperchen, das eine einfache Zelle ist, umkleidet sich mit einem Panzer aus reiner Zellulose, nur manche (vgl. Fig. 4 der Abb. 11) sind völlig nackt. Dadurch haben sie ein sehr plastisches Baumaterial von hervorragenden Qualitäten zur

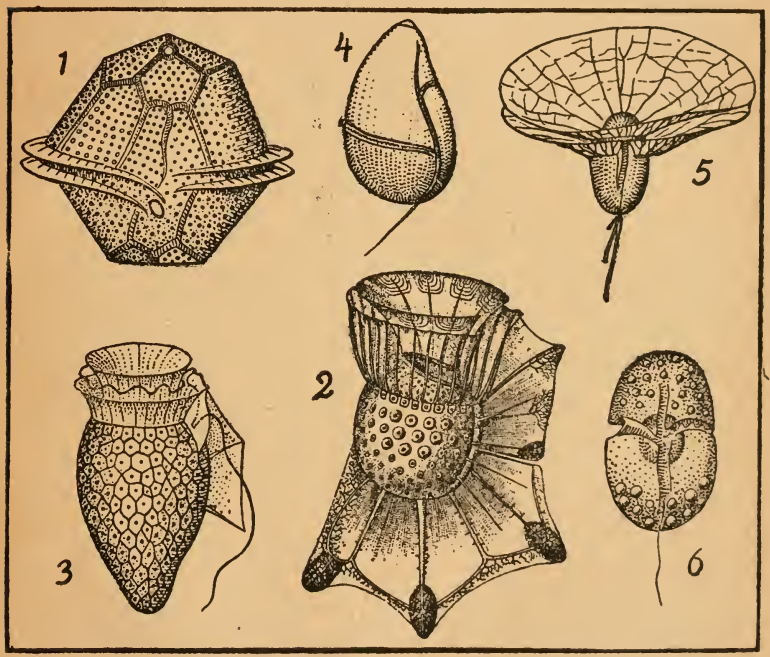


Abb. 11. Peridineen des Meeres, als natürliche Modelle von Turbineneinrichtungen.
1 Goniodoma acuminatum. 2 Ornithocercus magnificus. 3 Dinophysis acuta. 4 Gymnodinium spirale. 5 Ornitho cercus splendidus. 6 Gymnodinium rhomboides. (Nach Schütt.)

Verfügung. Sie bauen aus ihm eine Art Leitapparat, der die Bewegung des sie umspülenden Wassers in bestimmte Bahnen zwingt. Man betrachte Abb. 11, Fig. 1 oder 4. Auch ohne Maschinenbauer zu sein, wird man nicht daran zweifeln, daß jede seitlich kommende Strömung, durch eine derartige Gestaltung in schraubigen Bahnen abgelenkt, durch ihre Gewalt den ganzen Körper gleich einem Laufrad in eine rotierende Bewegung versetzen muß.

Dadurch schraubt sich die kleine Peridinee empor, weil die Bewegung aus leicht durchschaubaren Gründen rückläufig sein muß. Dem technisch geschulten Blick wird daran nicht entgehen, daß die Leitbahn sich gegen Ende ihres Weges verschmälert. Besonders gut erkennbar ist das an Abb. 11, Fig. 1, 4 und 2. Dadurch kann das in sie einströmende Wasser nicht ebenso schnell die Leitbahn verlassen, sondern wird etwas in seiner Bewegung verzögert; es entsteht ein Druck nach rückwärts, ein ökonomisch wertvoller Überdruck, der sich in der Bewegung der Zelle als Beschleunigung bemerkbar machen muß. Sie leistet durch die Konstruktion mehr Arbeit, als der auf sie einwirkenden Bewegung entspricht.

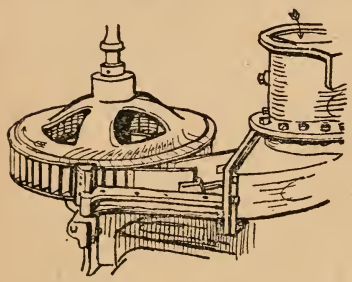


Abb. 12. Zuppinger Tangentialturbine von Escher-Wyß. Man beachte den Leitapparat, der das Wasser tangential auf das Laufrad leitet und vergleiche damit das Umschlagbild, Abb. 11, sowie S. 34. Nach dem Original im Deutschen Museum zu München gez. von R. Grieß.

Ich brauche nicht mehr viel zu zergliedern. Wer der Technik auch nur ein wenig nahesteht, weiß, daß das Prinzip der Turbine auf dem gleichen Gesetz beruht: Durch einen Leitapparat von spiraligem Bau (Leitrad) wird Wasser mit Überdruck auf das Laufrad losgelassen, das mit seiner Rotation dann lebendige Kraft entbindet. Es ist nun Sache der Ingenieure, sich mit den kleinen Peridineen auseinanderzusetzen, welche von ihnen der Henschel-Jonvalschen Turbine, welche dem Francis-Typus entspricht, ob die Krümmung der Schaufelflächen ganz rationell ist, ob sie der unserer Turbinenschaufeln entspricht oder sie vielleicht gar noch an Ausnützung der Wirkungsflächen übertrifft. Es gibt 32 Gattungen von Peridineen mit etwa 160 Arten; jede variiert das gleiche oft rätselhafte Prinzip auf andere Weise; wir Menschen haben kaum ein Dutzend Turbinentypen. Es liegt also auf der Hand, daß der Turbinenbau durch das Studium dieser Organismen erhebliche Anregung gewinnen kann.

Auf eine Tatsache aber möchte ich sogar an dieser Stelle, die nur das große, für jeden Menschen wichtige Gesetz empfinden lassen, nicht aber praktische Technik betreiben kann, hinweisen, so grell beleuchtet sie die Wichtigkeit der Biotechnik.

Wir haben stets vorausgesetzt, daß Wellenkraft die kleine Peridineenmaschine in Bewegung setzt. Auch unsere Turbinen setzen die Kraft fließenden Wassers voraus. Man überlege sich nun aber folgendes:

Die Peridineenzelle ist schwerer, als das Wasser. Durch ihr eigenes Gewicht sinkt sie langsam zu Boden, auch wenn nicht die geringste Bewegung des Wassers das beschleunigt. Durch

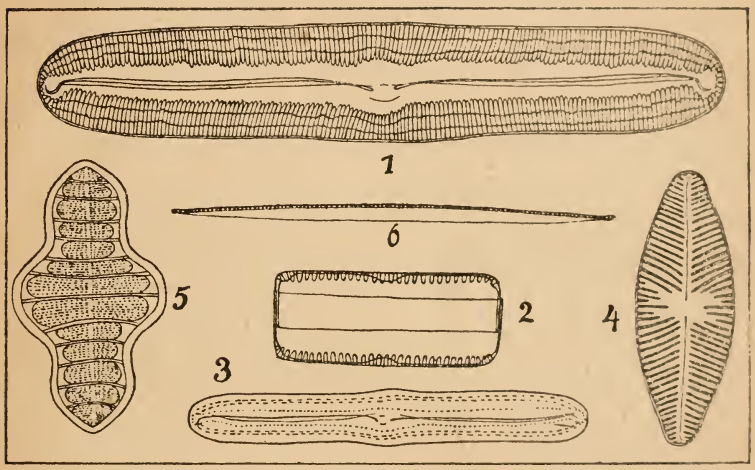


Abb. 13. Technische Einrichtungen der Kieselalgen (Bacillariaceen).
1 Navicula dactylus, mit den Verstärkungsleisten der Schale. 2 Seiten(Gürtelband)ansicht von Navicula lata, um die Schachtelstruktur der Schalen (vgl. S. 37) zu zeigen. 3 Der Verlauf der Schalenspalten (Raphe) bei Navicula major. 4 Anordnung der Verstärkungsleisten bei Navicula Gastrum. 5 Die Innenarchitektur mit ihren Stützleisten und Septen bei Tetracyclus lacustris. 6 Nitzschia gracilis, eine Schiffsform der Kieselalgenwelt, die bis hundertmal länger als breit ist. Sämtliche stark vergrößert. (Nach Hustedt.)

Balancier-, Kiel- und Steuervorrichtungen — wie man sie sich namentlich an den schönen, „Vogelschwänzchen" (Ornithocercus) genannten Formen von Abb. 11, Fig. 2 u. 5 besehen möge — ist nur dafür vorgesorgt, daß bei dem Sinken die Lage eingehalten wird, welche das Pflänzchen auf der Abbildung einnimmt. In dieser Lage wird der durch das Sinken erzeugte, aufsteigende Wasserstrom im Leitapparat spiralig abgelenkt, wobei allerdings ein mit dessen Querfurche verbundener Längskanal (vgl. Fig. 6) mitwirkt. Durch die Verengerung der Ausleitung kommt es zum Überdruck,

der bremsend, ja, wie leicht berechenbar, sogar aktiv wirkt, so daß der kleine Apparat nicht nur zu sinken aufhört, sondern sogar steigt, bis sich der Überdruck erschöpft und nun neuerdings das Sinken beginnt.

So steigt die Peridineenzelle gleich einem Cartesianischen Taucher im Wasser ständig auf und ab und bleibt stets in den oberflächlichen Schichten schweben, wie es ihre Lebensbedürfnisse erfordern. Die zwei Geißeln, von denen eine in der Querfurche liegt, dienen nur dazu, um Gleichgewichtsstörungen durch Wellen auszugleichen und Ortsveränderungen in horizontaler Richtung auszuführen. In dem kleinen, sandkorngroßen Wunderwerk steht eine unbekannte neue Konstruktion vor uns, eine Maschine des Plasmas, die es in der Industrie noch nicht gibt.

Wenn die technische Welt von nun an die Biologie der Peridineen zum Vorlesungsgegenstand auf ihren Hochschulen machen will, so darf sie nicht verfehlen, dabei auch der Kieselalgen zu gedenken, denn auch in diesen ist eine Erfindung, die dem Ingenieur viel zu denken geben muß (vgl. Abb. 13).

Kieselalgen — die Wissenschaftssprache nennt sie schwerfällig Diatomaceen oder mit einem noch unmöglicheren Wort Bacillariaceen — hat schon jedermann gesehen. Er braucht nur im späten Winter oder Frühling einmal auf den Grund eines Baches hinabzuschauen. Da dehnt sich ein samtweich gewebtes Tuch goldbrauner Flocken, oft auf viele Meter hin den Grund überspinnend. Das sind Kieselalgen. Oder er braucht nur von der Küste des deutschen Meeres über die Wasser zu blicken. Da sieht er so viele Kieselalgen, daß sein Leben nicht ausreichen würde, um sie zu zählen. Sie färben die Nordsee und alle kalten Meere grün. Sie sind nämlich goldgelb, und weil das Meerwasser ohne sie tiefblau ist, wird es durch so viele gelbe Farbkörnchen nach einem bekannten Gesetz grün. Jede Kieselalge ist eine einzellige Pflanze und die größten von ihnen sind grade noch als Staubkorn sichtbar. Vielleicht deshalb sind sie die wahren Herren der Erde, denn da sie in unausdenkbaren Mengen sowohl die oberflächlichen Schichten des Meeres, wie die aller fruchtbaren Länder bewohnen, bilden sie zusammen die größte „Lebensmasse", welche das Plasma auf diesem Planeten erzeugt hat.

Ich habe noch nie Kieselalgen im Mikroskop meinen Schülern und Freunden gezeigt, ohne leuchtende Augen gesehen und Ausrufe des Entzückens gehört zu haben. Insofern bedeutet die Biotechnik einen großen ästhetischen Genuß für die kommende Generation der technischen Studierenden. Sie dürfen an den Kieselalgen nicht vorübergehen, denn sie sind technische Meisterleistungen des schaffenden Lebens. Leider hat man sie bisher immer nur wegen ihrer Schönheit betrachtet, mit dem spielerisch leeren Blick des Ästheten, statt mit dem sinnend verständigen des Technikers.

Ich greife eine beliebige Form aus dem großen Modellbuch heraus, das die Natur mit den Kieselalgen aufgeschlagen hat. Es enthält 6000 Abbildungen, es wird daher mehr als ein Menschenalter kosten, bis sie alle richtig gezeichnet, durchgerechnet und in lebendes, praktisches Verständnis umgesetzt sein werden.

Diese Pflanzen führen wie die Chinesen ihren Sarg schon bei Lebzeiten mit sich; sie wohnen sogar darin. Wenn sie gestorben sind und längst wieder im Kreislauf des Alls zirkulieren, bleibt er noch übrig, jahrmillionenlang. Er ist unverweslich, denn er besteht aus Bergkristall. Er hat also besondere Festigkeit.

Der Biotechniker wäre seines Namens nicht würdig, wenn er daraus nicht sofort folgern würde, daß Festigkeit zu den notwendigen Eigenschaften des Kieselpanzers der Diatomeen gehören muß und nach dem Ökonomiegesetz sie auf die sparsamste Weise erreicht.

Wenn die Schale fest sein muß, so darf sie doch andernteils auch nicht schwer sein. Denn auch die Kieselalgen schwimmen, zum mindesten kriechen sie gern und lebhaft umher. Da steht das Doppelproblem vor uns aufgerichtet, dessen genialer Lösung zuliebe die Kieselalgen einen besonderen Saal im Museum der Meisterwerke natürlicher Technik verdienen.

Etwas paradox gesagt, lautet das erste Problem: Wie schwimmt man, wenn man gezwungen ist, in seinem eigenen Sarg zu reisen? Die Lösung lautet, menschlich, verständlich und modern: Man reist in einem Schiff mit eigener Beweglichkeit.

Das gläserne Gehäuse ist ein Unterseeschiff eigener Art. Es hat den Bau einer Schachtel (Abb. 13, Fig. 2); es besteht aus einem

Unterteil und dem Deckel, der darüber gestülpt ist. Sowohl im Unterteil, wie im Deckel verläuft der Länge nach eine Rinne, die an den beiden Enden des Schiffes höchst wunderlich in Schraubenkrümmungen endigt (Fig. 1 u. 3). Gelehrt nennt man diesen feinen Spalt mit einem griechischen Wort: die Raphe, und hat schon tausend Raphen untersucht, gezeichnet und beschrieben, bevor es einem findigen Kopf einfiel, über ihre Funktion nachzudenken. Wenn die Kieselalge durch den schraubigen Endknoten der Raphe Wasser treibt, hat sie etwas wie das Prinzip der Reaktionsröhren, also eine Art Turbinenwirkung zur Aktion gebracht und wird dadurch selbst vorwärts getrieben. Tatsächlich schwimmen die Kieselalgen stoßweise ziemlich schnell und bezeugen dadurch die Brauchbarkeit einer Erfindung, deren nähere Einrichtung für die technische Wissenschaft durchaus neu, vielleicht nachahmungswert ist.

Mit Hilfe dieser Erfindung bewegt sich ein Glasschiff von oft unerhörten Ausmaßen. Gibt es doch Kieselalgen, die bei einem halben Millimeter Länge nur zwei tausendstel Millimeter breit sind (vgl. Fig. 6), die mit einer winzigen Maschine also (wenn man die Maßverhältnisse unserer Schiffe heranzieht, die durchschnittlich 15 Meter Breite besitzen) ein Schiff von fast vier Kilometer Länge durch das Wasser treiben. Die Konstruktion der „Reaktionsröhren" der Kieselalgen übertrifft die unseren, denn nach meinen vielen Messungen legt eine der flinken, kleinen, in Erdspalten lebenden Nitzschien in zwölf Sekunden einen Zentimeter zurück. Auf die Verhältnisse unserer Schiffe übertragen, heißt das so viel, wie wenn ein 200 Meter langes Schiff zweihundert Kilometer in 12 Sekunden fahren könnte.

Man gerät mit den nüchternen Zahlen und Berechnungen der Biotechnik immer wieder in eine romanhafte Welt von Möglichkeiten, die vielleicht deshalb der mächtigste Ansporn zu weiteren Großtaten unserer Ingenieure sein wird, weil sie ganz unwidersprechlich beweist, wie weit entfernt unsere Maschinen von der möglichen Lösung der Probleme sind, deren Lösung sie darstellen sollen, trotzdem wir überall auf den richtigen Wegen gehen. Wir beschreiten sie zwar nur deshalb, weil es eben überhaupt nur einen einzigen richtigen Weg gibt und eine Erfindung eben so lange nicht gebrauchsfertig ist, bis nicht der Weg des Naturgesetzes beschritten wird. Gerade die Bio-

technik zeigt uns aber, welcher Verbesserungen unsere, ein wenig ärmliche Welt der in Haustiere verwandelten Naturgesetze noch möglich ist, wenn man auf diesem Weg nur noch wirklich logisch fortschreitet.

Mit der Fortbewegung haben die Kieselalgen aber nur die eine der beiden Aufgaben erledigt, denen das Gehäuse dient. Seine Bergkristallbeschaffenheit deutet auf Festigkeit, die Beweglichkeit erfordert Leichtigkeit, beide Erfordernisse widersprechen einander. Wie sind sie trotzdem vereinigt?

Um das zu verstehen, muß man zuerst wissen, warum die Kieselalgenschale fest sein muß. Am Bachgrund und auf dem Meeresspiegel wird diese Eigenschaft doch gewiß nicht in Anspruch genommen! Und wirklich, wenn man die Hochseediatomeen daraufhin ansieht, wird man erstaunen, wie überaus zart ihr Panzerchen ist; hauchdünn, wie aus Spinnweben gewoben, so gläsern, daß man oft Mühe hat, leere Schalen dieser Art überhaupt zu erblicken.

Ich habe das lange nicht verstanden, bis mir eines Tages klar wurde, daß die Hochsee und der Teichgrund gar nicht der ursprüngliche Aufenthalt der Kieselalgen sind. Sie hausen vielmehr im Erdboden, in den winzigen Wasserspalten der Lehmerde auf Wiesen, Äckern und Steppen. Dem ist ihre Schiffchengestalt angepaßt, dem ihr brauner Lichtausnutzungsapparat, der kein helles Licht verträgt, dem ihre Beweglichkeit (im Meer ist sie sinnlos) und dem auch ihr fester Panzer.

Denn diese Wasserspalten, die jeden Boden durchziehen, bestehen nur kurz nach einem Regen. Ist es länger denn eine Woche trocken, schließen sie sich. Und dann würden die kleinen Bewohner dieser Klüfte unrettbar zerquetscht werden — wenn sie nicht einen widerstandsfähigen Panzer hätten.

Die Verhältnisse dieser Lebensweise erfordern es, daß er ganz Unerhörtes in diesem Punkt aushalten muß. Er wird daraufhin technisch so oft geprüft, die ungenügenden Leistungen werden so beharrlich ausgemerzt, daß die übrigbleibenden einfach Meisterstücke an Druckfestigkeit sein müssen!

Und wirklich: untersucht man Erdkieselalgen — Hunderttausende sind in jedem Fingerhut voll Ackererde vorhanden*) —

*) Die Wasserformen sind vom Lande her in Bäche, Seen und durch

erkennt man sofort, wie richtig unser Gedanke ist. Diese Schalen sind wirklich fest und derb und zur Erhöhung der Druckfestigkeit tragen sie besondere Versteifungen, Verspannungen und Gurtungen, haben verstärkte Kanten und Tragleisten, kurz: alle die Erfindungen, die auch der Mensch bei druckfesten Konstruktionen anwendet.

Diese Verstärkungsleisten auf den Kieselpanzern kannte man schon längst (vgl. Abb. 13, Fig. 1); man benützte ihre Vielfältigkeit, um danach tausenderlei Formen zu unterscheiden. War ihr Anblick dem Auge gefällig, sprach man von „Kunstformen der Natur", und dichtete sich einen ästhetischen Trieb des Plasmas zurecht, der das hervorbringe. Man empfahl die Kieselalgen dem Kunstgewerbe als Vorbilder und lenkte den Blick der Künstler auf sie. Nur diejenigen, die allein das Verständnis dafür gehabt hätten: die Techniker, wußten nichts davon.

Von nun an werden sie aus wohlverstandenem eigenem Interesse Kieselalgen — und zwar Erdformen — studieren und berechnen und sich sagen, daß eine Gerüstkonstruktion, die bei so zartem Material einem Druck widersteht, der sicher viele Atmosphären beträgt, sehr wohl auch in unserem praktischen Leben ihre Anwendung finden kann. Ohne von ihr zu wissen, hat die Notwendigkeit uns schon manches ihrer Gesetze finden lassen; es hat eben keine Konstruktion genügenden Widerstand geleistet, die nicht auf gleiche Art erbaut war. Jetzt sind wir imstande, aus den vielen hundert Bautypen, die im Bereich der Kieselalgengestaltung realisiert sind, uns die optimalen Lösungen für die größte Druckfestigkeit aller technischen Formen auszusuchen, in denen natürlich auch die größte Materialersparnis, also die billigste Konstruktion verwirklicht ist.

Denn auch das hat die Kieselalgenzelle erreicht; sie hat es erreichen müssen, um die aus Gründen ihrer Beweglichkeit wünschenswerte Leichtigkeit zu sichern. Daher hat sie aus ihren Schalen nur ein Skelett der unumgänglich notwendigen Druckpunkte und ihrer Verspannungen gemacht und alle irgendwie entbehrlichen Füllungen und Wandteile weggelassen. Auch hierin ist sie das Vorbild namentlich für den Eisenhochbau und die Architekten, die stets druckfeste Gebilde zu errichten haben. Und wenn z. B. die

das Süßwasser langsam in das Meer ausgewandert und haben dann andere Formen (Centricae) angenommen.

Baumeister der Gotik mit ihren Spitzbögen und der vollkommenen Auflösung der Flächen in die zierlichsten Systeme von Säulen und Bögen die reinen Nutzeffekte in feinste künstlerische Wirkungen verwandelt haben, so haben sie wieder nur auf dem Wege der Notwendigkeit das gleiche getan, wie die Pflanzenzelle der Kieselalgen. In diesem Sinn sind eine der entzückenden Brabanter oder Venezianer Bauten, etwa das Maison du Roi zu Brüssel oder der Dogenpalast oder das Ca Doro zu Venedig und eine der nicht weniger entzückenden Kunstformen der Kieselalgenwelt gleichwertige Gegenstücke für das Walten derselben formbestimmenden Gesetzlichkeit.

Mit dieser Erinnerung ist aber auch schon das Verständnis überhaupt vorbereitet für die technische Leistungsfähigkeit der Pflanzenzelle, auch wenn sie sich nicht einzeln dem Wettbewerb im Kampfe ums Bestehen aussetzt, sondern im Verband mit anderen, als dienendes Glied eines organisierten Ganzen sich zur Erreichung bestimmter Funktionen umbildet.

Die Pflanzenzelle ist im Verband der großen, vielzelligen Pflanzen ein Baustein. Dieses Wort, täglich tausendmal wiederholt, bis zur gedankenlosen Geläufigkeit abgeschliffen, birgt in sich die Gültigkeit der gesamten Biotechnik. Wie denn überhaupt alles das scheinbar so Überraschende und unerhört Neue, das hier erzählt wird, im Prinzip unter der Oberfläche des Wissens schon seit langem greifbar deutlich lag, in einzelnen Erscheinungen*) und Redewendungen sogar oft schon herausgegriffen wurde. Es fehlte aber immer nur das geistige Band, das erst die Erkenntnis ermöglicht und dieser dann den Mut zur praktischen Anwendung gibt. Es ging uns mit der gesamten Biotechnik ein wenig so, wie jenen spielenden Kindern in Südafrika, die glitzernde Steine fanden, sie viele Tage auf den Straßen als Kiesel herumwarfen, bis eines Tages der erste Mann kam und die Kiesel als Diamanten von Kimberley erkannte und aufhob ....

Wenn wir Bauwerke aus Bausteinen und Maschinen aus

*) Dies gilt im besonderen von den I-Trägerkonstruktionen und den sonstigen mechanischen Einrichtungen in den Stengeln und Stämmen, den Schlagwerken in den Blüten, den Schwebeeinrichtungen der Planktonalgen, dem Bau der Knochen und Gelenke usw., die alle im einzelnen richtig gewertet, in ihrer ganzen Bedeutung aber doch niemals erfaßt wurden. Vergl. Anhang.

Maschinenelementen errichten, so befolgen wir wieder nur den, im Gesetz der Welt vorgeschriebenen Weg, der jedes komplexe System aus seinen Teilen zusammenzustellen heißt. Gleiches geschieht, wenn das Pflanzenei durch Teilung und Wachstum Zellbausteine herstellt und aus diesen dann Bauten konstruiert.

Die einzelne Zelle ist hierbei ein Hohlziegel, dessen Wandung verschiedene und überaus schätzenswerte technische Qualitäten besitzt.

Die menschlichen Bauwerke sind meist aus soliden Ziegeln aufgebaut, deren Eigenschaften nicht so vollkommen sind. Erst allerneuestens hat man die besonderen Vorzüge der Hohlziegel zu schätzen gelernt, und ich habe keinen Zweifel, daß die Biotechnik nicht nur die Ingenieure, sondern auch die Architekten befruchten und dem Hohlziegelbau ein Studium und eine darauf begründete Verbreitung verschaffen wird, an die man früher nicht gedacht hat.

Hohlziegel sind leicht, warm und kühl, je nach dem Bedarf der Jahreszeit, und sie sind ökonomischer, als die soliden Bausteine, die übrigens von der Pflanze ebenfalls, verschiedenen Sonderzwecken angemessen, verwendet werden.

Wir können Hohlziegel freilich nur aus Lehm und Quarzsand brennen (was einigermaßen den verkieselten Zellen nahekommt), die Pflanze dagegen bereitet sie aus Zellulose, Kork, Holz, Kieselsäure (eigentlich Glas), manchmal sogar aus Eisen (gewisse Algenzellen) und versieht sie gelegentlich mit Verkleidungen aus Wachs, Lack, Gummi, Gallerte oder Zement. Das ist eine Mannigfaltigkeit, die ihren Bauten viele von uns nicht erreichbare Vorzüge sichert.

Schon die Zellulose allein ist ein Baustoff, der unseren hellen Neid herausfordern muß. Was ist Zellulose? Wenn man sagt, daß sie ein Kohlenwasserstoff sei, der sich auch in Stärkemehl und Zucker verwandeln läßt, so klingt das zwar appetitlich, aber technisch läßt sich mit diesen Kenntnissen nicht viel anfangen. Es sagt schon mehr, wenn man dem Satz die Form gibt, Zellulose sei Papier.

Jede Holzstoffabrik, deren Fabrikate sich in kilometerlangen Rollen von Zeitungspapier über das Land verbreiten, verarbeitet Zellulose, und in den verflossenen Notjahren hat es einmal überschwengliche Hoffnungen erweckt, als es hieß, die Zellulonspinne-

reien seien imstande, die Zelluloſe des Fichtenholzes zu verspinnen und daraus Wäsche und Kleider zu bereiten.

Die Pflanze baut also Papierhäuser. Die sind warm, leicht, billig und hübsch. Wenn sie in ihre Zelluloſe dann noch „Holzstoff" einlagert, indem sie die Zellwand damit imprägniert, so hat sie eine Technik erfunden, die weit über das Können des Menschen hinausgeht. Sie macht dadurch aus Zelluloſe „Holz", und ebensowenig, wie wir die Technik der Pflanzen nachahmen und aus Kohle und Wasser die kostbare Zelluloſe in beliebigen Mengen herstellen können, ist es uns möglich, uns „Holz", ohne das keine Industrie, überhaupt keine Kultur denkbar ist, auf andere Weise zu verschaffen, als durch Beraubung und Tötung der Pflanze. Es geht dem Menschen damit so, wie mit dem Stärkemehl, auf dem letzten Endes seine gesamte Ernährung beruht. Er erwirbt sein täglich Brot nur als Knecht der Pflanze, in deren Dienst er im Schweiße seines Angesichts den Boden bearbeitet, sich nicht scheut, Mist als wertvolles Vermögen zu preisen; der Pflanze zuliebe hat sich sein Beruf, sein Denken und Empfinden eingestellt, für sie fleht er den Himmel um Regen an, unterzieht er sich zur Erntezeit den härtesten Arbeiten — alles deshalb, weil er in der chemischen Technik ein Stümper, sie aber ein Meister ist.

Ich will nicht so selbstverständliche Dinge wiederholen, daß ich etwa die Bedeutung des Holzes für das menschliche Kulturleben preise, sondern möchte nur drei Tatsachen aus diesem umfangreichen Buch der technischen Leistungen hervorheben, von denen jede wie ein Licht auf weite Strecken hin in der großen Dunkelheit leuchtet, die allgemein über die Pflanze als Erfinder herrscht. Das sind die elastischen Eigenschaften der Holzfaser, ihre osmotischen Qualitäten und die kolloidale Natur der Plasmahaut.

Deutscher Stahl, einst der Stolz der Industrie des alten Reiches, besitzt ein Tragvermögen von 24,6 kg. Wie ausgezeichnet das ist, mag dadurch beleuchtet werden, daß Schmiedeeisen grade nur die Hälfte trägt und sogar der beste Kupferdraht, ein gewiß zähes Material, nur 12,1 kg. Gemeint ist in diesem Fall immer ein Drahtstück von einem Quadratmillimeter Querschnitt. Nach neuesten Angaben ist die Festigkeit allerdings, namentlich für Spezialstahl wesentlich gesteigert worden.

Man hat in den Anstalten für Materialprüfung diese Versuche

auch mit lebendfrischen Bastfasern wiederholt und sich dabei von folgendem überzeugt:

Ein frisches Strohseil, wissenschaftlich gesprochen, der Bast des Roggens, trägt 15—20 kg, der Bast der Lilienstengel 19 kg, jener des neuseeländischen Flachses 20 kg. Ein Kommentar ist überflüssig, außer vielleicht der, daß die absolute Festigkeit der Holzfaser mit dem Austrocknen noch zunimmt.

Holz besitzt die Fähigkeit, durch Aufnahme von Wasser zu quellen. Das ist eine Eigenschaft, die jedem Pflanzenmaterial zukommt. Durch diese Quellung wird eine Energie wirksam, von der man ausgerechnet hat, daß ein metergroßer Würfel quellender Pflanzensubstanz ein Gewicht von 25 Millionen Zentner heben kann. Darauf beruht es, wenn Bäume, wie man im Gebirge oft sieht, Felsen sprengen oder — wofür im Friedhof zu Hannover ein weitberühmtes Beispiel steht — schwere Grabsteine heben. Seit alters her haben die Menschen Gebrauch gemacht von dieser Kraft, die eine schwindelnde technische Perspektive aufreißt und alle praktischen Hirne auf das intensivste beschäftigen muß in einer Zeit, die dermaßen auf das Aufbauen und Auffinden neuer Naturkräfte angewiesen ist, wie die unsere. Man pflegt nämlich in Bergwerken ohne Ekrasit dadurch zu sprengen, daß man in geeignete Ritzen kleine, feucht gehaltene Holzpflöcke eintreibt und dann abwartet, bis das quellende Holz die Felswand zerreißt. Man kann also eigentlich mit Hilfe der technischen Eigenschaften der Pflanze Berge versetzen — — — —

Hinter dieser „Quellung" verbirgt sich eine andere Eigenschaft, welche die wahre Ursache der ungeheuren Überlegenheit der Pflanze in bezug auf die technischen Qualitäten ihres Baumateriales ist. Und das ist die kolloidale Natur des Plasmas und aller seiner Produkte.

Was steckt hinter diesem wohlklingenden, wissenschaftlichen Namen? Die gelehrte Denkungsart gibt darüber nicht viel Klarheit, wenn sie Kolloid einen schwer oder gar nicht kristallisierbaren Körper nennt, der in Lösungen außerordentlich langsam diffundiert. Man muß es daher auf andere Weise versuchen, das Wunderbare der Kolloide faßlich zu machen.

Gummi ist eine kolloidale Lösung. Die Gummilösung, die der Radfahrer so gut kennt, ist keine Flüssigkeit, kein Gas und kein fester Körper. Man könnte ganz artig sagen: es ist der vierte

Zustand, den die Welt annehmen kann, wenn sie kolloidal wird. Und sie kann es werden. Schon kann man alle Metalle in Kolloide verwandeln, auch Kieselsäure, ebenso alle Eiweiße. Wahrscheinlich werden wir eines Tages jede Substanz in einen kolloidalen Zustand bringen können. Es ist nun überaus merkwürdig, daß man für alle Kolloide einen zelligen (oder wabigen) Bau nachgewiesen hat. Ein besonderes Geheimnis erblicken wir zwar darin nicht, denn wir wissen schon, daß die Zelle eben die technische Form eines Kolloids: des Plasmas, ist. Das gesamte Pflanzenleben ist ein kolloidales Problem.

Auf dieser Erkenntnis wird ein besonderer Zweig der Biotechnik fußen, dessen Vertreter danach ringen, der Pflanze ein für uns unbezahlbares technisches Geheimnis zu entreißen, dessen Lösung möglich ist, weil die Pflanze sie uns jederzeit vormacht, von dem wir heute aber noch immer meilenweit entfernt sind. Das ist der kolloidale Kessel. —

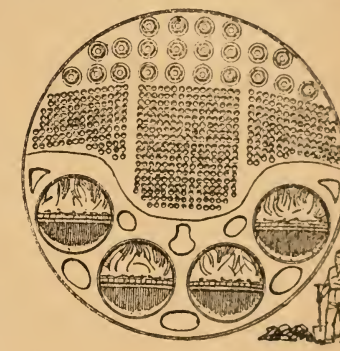


Abb. 14. Der größte Kesselboden der Welt. Vorderteil eines Schiffsflammrohrkessels, der im Deutschen Museum zu München aufgestellt ist. (Vgl. dazu S. 45.)

Wer einen anschaulichen Begriff der Hölle bekommen will, der steige einmal auf einem Ozeandampfer während der Fahrt hinab zu den Kesseln.

Teuflische Gestalten, rußgeschwärzt und halbnackt, empfangen ihn mit Haken und Schaufeln, und Feuerschein erleuchtet das dunkle Gefängnis dieser armen Heizerkulis. Ungeheuerlich wölben sich die schweren flußeisernen Platten, alle, wie mit Schweiß, mit unzähligen Tröpfchen bedeckt und alle zitternd, förmlich nach Atem ringend unter dem enormen Druck, der an ihre Wände preßt. Jetzt wird wieder frisch eingeschürt und gleich danach erhebt es sich wie ein wilder Gesang der Geisterdämonen, sie rasen in den Kesseln, mit Fäusten toben sie hämmernd gegen die Kesselwand; heulend werfen sie sich gegen sie und drohen sie zu sprengen. Der uns begleitende Schiffsingenieur ist aber nicht dichterisch gestimmt. Kühl erläuternd sagt er: Dampfdruck und liest am Manometer ab: 16 Atmosphären ....

Auf 18—25 Atmosphären, d. h. auf 18—25 Kilogramm Druck auf jeden Zentimeter im Geviert sind Schiffskessel geprüft; es besteht also nicht die geringste Gefahr. Dafür sorgen die dicken Blechplatten, die auf das solideste durch Nietung verbunden sind. Im allgemeinen beträgt die für nötig gehaltene Dicke der Kesselwand $^1/_{200}$ des Kesseldurchmessers.

Wenn man nun lebende Pflanzenzellen mit dem Vergrößerungsglas betrachtet, wird man stets überrascht sein, wie straff sie ihren Behälter ausfüllen. Es genügt aber schon die Beigabe einer ganz kleinen Menge Zuckerlösung zu dem Wasser, in dem man sie betrachtet, um eine Schrumpfung der prall gespannten Wandung herbeizuführen. Der Botaniker nennt das eine Herabsetzung des „osmotischen Druckes" und kam auf einem sinnreichen Weg dazu, die Größe dieses Druckes messen zu können. Dabei fand sich das erstaunliche Resultat, daß er normalerweise in jeder Pflanzenzelle 5—10 Atmosphären, also so viel, wie in einem kleinen Dampfkessel beträgt, wobei dieser allerdings Hitze ausgesetzt wird, die Pflanze aber nicht.

Von alledem zieht uns jetzt nur das eine an, wie dünn das Häutchen ist, das diesen Druck aushält. Woraus besteht es? Es ist plasmatischer Natur, also von kolloidalem Bau. An dieser einfachen Kette der Folgerungen kommt man zu dem Resultat, daß kolloidale Membranen von enormer Festigkeit sind und darin Eisenblech übertreffen müssen.

Jetzt wird es auch verständlich, warum Bastfasern ein noch größeres Tragvermögen entwickeln, als bester Stahl. Auch sie sind von kolloidalem Bau.

Aber es ist des Staunens und der Nachdenklichkeit noch kein Ende. In den Zellen der Zuckerrübe hält das $^1/_{1000}$ Millimeter dicke kolloidale Häutchen einem Druck von 21 Atmosphären stand. Die Kesselwand ist also kaum dicker denn $^1/_{500}$ des Kesseldurchmessers.*) Still und unscheinbar ist damit der gleiche Tatsachenbestand gegeben, wie in der Hölle der Schiffskessel, wo er sich so dramatisch und aufdringlich gebärdet. Der Unterschied zwischen der Technik des Menschen und der Pflanze ist nur der, daß wir zweifingerdicke Eisenplatten aufwenden müssen, wo die Natur noch mit einem

*) Nach Pfeffer kann dieser osmotische Druck in Schimmelpilzen sogar auf 160 Atmosphären steigen.

dünnen Häutchen ihr Auslangen findet. Ihre Technik ist der unseren in diesem Punkte überlegen.

Von nun an gibt es also für den Chemiker eine neue Aufgabe, einen neuen Traum für schlaflose Nächte: Wie könnte man etwas wie „kolloidale Kessel" konstruieren? Die Aufgabe ist erkannt, das Ziel ist erreichbar, der Menschengeist wird sicher nicht ruhen, bis die heutigen Dampfkessel wirklich nur — altes Eisen sind.

Im Lichte dieser Gedanken wird man hellsichtig und sieht Neues an vielen Dingen, die für längst entschieden galten. Man sieht da unter anderem ein, daß das Zeitalter der Technik, das vielgepriesene, nicht schon „war", noch gegenwärtig „ist", sondern erst kommt. Der Mensch kann sich der Naturkräfte noch in ganz anderem Maße bemächtigen, wie er es bisher getan hat. Wenn er nur alle die Prinzipien anwendet, die der Organismus in seinem Betriebe zur Anwendung gebracht hat, hat er allein auf Jahrhunderte hinaus Beschäftigung für alle seine Kapitalien, Kräfte und Talente.

Jeder Busch, jeder Baum kann ihn dabei belehren, ihn beraten und ihm Erfindungen, Apparate, technische Einrichtungen sonder Zahl vorweisen.

Ein einfaches Blatt vereinigt in sich die Einrichtungen einer großen und modernen Industrieanlage, und das erstaunlichste daran ist, daß die Menschen so lange Zeit wie blind dem allen gegenüberstanden und noch heute in ihrer Mehrzahl das mit den Händen zu Greifende weder sehen, noch verstehen. Ich will zum Beweis dafür nur einiges daraus vorzeigen.

In einem Pflanzenblatt ist ein komplizierter Ventilator tätig, dazu ein Trockenapparat, eine Unmenge noch unnachahmlicher Lichtkraftmaschinen, eine Kühleinrichtung und eine hydraulische Presse; es ist also ein ganz wohlassortierter Fabrikbetrieb.

Von diesen Dingen mag das der Praxis völlig Unbekannte am meisten die Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Es sei also vorangestellt.

Unter allen Rohstoffen stehen den Organismen, den Menschen inbegriffen, keine in solcher Menge zu Gebote, wie die Luft und

das Wasser, ganz genau gesprochen: Die Gase: Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Kohlensäure.

Von ihnen verwendet der Mensch nur einen einzigen und den erst seit allerkürzestem. Das ist der Stickstoff, aus dem man jetzt Salpeter bereitet; die anderen bleiben unbenützt, und damit liegen Milliarden brach.

Die Pflanzenzelle verwendet alle vier und hat sich dadurch ohne Kosten die billigste Rohstoffquelle der Welt erschlossen. Aber es brauchte ein Buch für sich, um das zu erzählen; darum will ich mich nur auf eines beschränken: auf die Erfindung, die Kohlensäure einzufangen und mit Wasser zu Zucker zu verarbeiten.

Nachdem die Menschen mehrere Jahrtausende lang ihren ganzen Verstand und die ganze Zeit der Verständigen dazu angewendet haben, darüber nachzudenken, warum die Welt erschaffen worden sei, haben sie sich etwa erst seit 70 Jahren mit den Fragen beschäftigen können, wie denn diese Welt eigentlich eingerichtet ist, und so war leider noch nicht Zeit genug, die Chemotechnik der Pflanzenzellen genügend kennenzulernen. Es gibt daher nur ziemlich oberflächliche Begriffe von diesen Dingen.

Man sah, daß in fast allen oberirdischen Zellen der Pflanzen ein grüner Farbstoff enthalten sei, und konnte sich schon durch einfache Versuche davon überzeugen, daß diese Zellen ständig Sauerstoff abscheiden, wenn man sie dem Sonnenlicht aussetzt. Sie speichern dann in ihrem Innern auch einen Stoff, der aus Kohle und Wasser besteht (Kohlenhydrat) und den man in seiner flüssigen Form Zucker, in seiner kristallinischen Form Stärke benannte. Genaueres Aufmerken ließ erkennen, daß sie dazu die Kohlensäure der Luft als Rohmaterial verwenden und ohne Wasser nicht arbeiten können.

Das ist, in der einfachsten Form erzählt, die allerbedeutsamste Erfindung, die je auf Erden gemacht worden ist! Von ihr hängt nicht nur das gesamte Pflanzenleben, sondern auch das aller Tiere und des Menschen ab; ohne sie wäre das Leben ausgetilgt, zum Tode verurteilt, längst erloschen, sie mußte also so ziemlich am Anfang der Erfinderlaufbahn der Pflanzenwelt ins Leben getreten sein.

Die menschliche Technik ist noch meilenweit davon entfernt, das, im Grunde genommen, ziemlich einfache Verfahren nachzu-

ahmen; man versteht es nicht einmal noch ganz, weil man noch immer nicht die richtige Zusammensetzung des grünen Farbstoffes kennt. Denn damit, daß man ihn Blattgrün und gelehrt Chlorophyll nennt, ist gar nichts, damit, daß man weiß, daß er eine Eiweißverbindung sei, ist nur wenig gedient. Eine Eiweißverbindung, und zwar eine von großer Verwandtschaft, ist auch der rote Farbstoff, das Hämoglobin unseres eigenen Blutes. Seine chemische Zusammensetzung kennen wir genau; ihre Formel lautet $C_{758}\ H_{1203}\ N_{195}\ O_{218}\ Fe\ S_3$.

Diese Formel stimmt hoffnungslos. Ein derartiges kompliziertes Gerüst aus seinen Bestandteilen aufzubauen — dazu reicht die synthetische Technik unserer Chemie noch nicht zu, das kann nur die der Pflanze.

Stumm und lieblich grün leuchtend im Sonnenlicht grüßt mein kleines Hausgärtchen herauf, und es ist mir, als dürft' ich nie wieder ein Blättlein zertreten, so wie einer das Gefühl von Scham und Barbarei empfände, wenn er mit den Füßen auf kostbaren gläsernen Uhren herumstiege, daß sie krachend zerspringen.

Man hat also alle Ursache, ein wenig tiefsinnig auf so ein goldgrünes Frühlingsblatt zu blicken, in dem die Lichtkraftmaschinen zu vielen Tausenden tätig sind, von frühmorgens bis abends, ohne jemals zu versagen, um für die Gemeinschaft die zwei wichtigen Nahrungsmittel: Zucker und Mehl herzustellen.*)

Ich nenne sie Lichtkraftmaschinen deshalb, weil es ihr Spezifisches ist, durch die Energie der Sonnenstrahlen in Tätigkeit zu geraten. Was der Dampf für die Lokomotive, das sind die Lichtstrahlen für das Blattgrün. Und so ist diese Produktion geradezu das Ideal jeder denkbaren Technik, das Optimum selbst. Mit der billigsten Kraftquelle, dem überall verbreiteten Licht, wird aus den billigsten Rohstoffen, aus Luft und Wasser auf die einfachste Weise durch einen ideal einfachen Apparat ein hochwertiges und unersetzbares Produkt erzeugt. Vollkommener läßt sich eine Sache nicht betreiben, und insofern wird man mir recht geben, wenn ich kühnlich behaupte:

*) Ausführliches über den hier nicht erörterbaren Bau der Chlorophyllapparate, den Chemismus und die Physiologie der Assimilation enthält die soeben erscheinende Neuauflage meines Werkes: Das Leben der Pflanze. Bd. I—II. Stuttgart (Kosmos, Gesellschaft d. Naturfreunde). 8°. 1920.

Die Biotechnik ist der Gipfel der Technik überhaupt!

Wie einfach die Apparate sind, wie geordnet und menschlich vertraut der Betrieb im allgemeinen ist, kann man manchmal in entzückenden Bildern beobachten. Ich empfehle dazu das gewöhnliche Brunnenlebermoos (Marchantia), dessen tief dunkelgrüne lappige Lager man selten vergeblich an schattigen, feuchten Steinmauern und Felsen suchen wird. Schon äußerlich erkennt man daran eine Einteilung in Rauten, deren jede einem Fabrikraum entspricht. Erzwingt man sich darin den Eingang, was am leich-

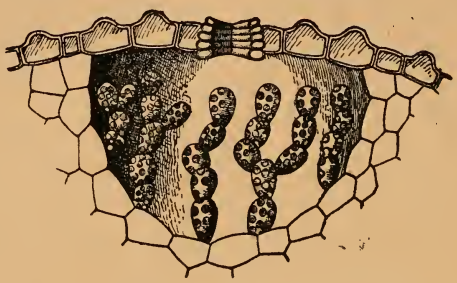


Abb. 15. Ein Fabrikinterieur der Pflanzenwelt.
Längsschnitt durch das Lager eines Lebermooses (Marchantia). Bäumchenartig aufgestellt sind die Lichtkraftmaschinen der Assimilationszellen. Die Decke besteht aus glashell durchsichtigen Zellen; in der Mitte eingesetzt ist eine (längs aufgeschnittener) Ventilationsschacht. Schwach vergrößert.

testen geschieht, wenn man sich dünne Querschnitte anfertigt und diese im Vergrößerungsglas betrachtet, sieht man das fremdartige und doch wieder vertraute Bild von S. 50. Ein großer Raum wölbt sich über einen Fußboden, auf dem nebeneinander Apparat um Apparat steht. Die kleinen Lichtkraftmaschinen bestehen gewöhnlich aus zwei oder drei Zylindern, in denen der kostbare Farbstoff in Gestalt kleiner Scheiben dem Licht ausgesetzt wird. Die flüssigen Produkte sickern durch die Wände der Apparate in den Fußboden und werden von dort in Röhren abgeleitet. Das Licht aber strömt breit und mächtig durch die gewölbte und gläsern durchsichtige Decke herein. In ihr ist sogar ein großer Ventilationsschacht angebracht, durch den die Kohlensäure und der Wasserdampf eindringen können. Überall die gleichen Prinzipien, wie in einem menschlichen Betrieb, überall prägt das Gesetz der Notwendigkeit Natur und Kultur in die gleichen Formen.

Die Laubblätter der Bäume und Sträucher sind meist in einem etwas anderen Stil, aber nicht nach anderem Gesetz durchgestaltet, nur die Ventilation wird in ihnen gewöhnlich viel kunstreicher durch ein System von Schächten und Schiebefenstern besorgt. Die Ableitung der Roh- und Halbfabrikate durch ein vollkommenes Netz von Leitungsröhren, das jeder kennt, wenn er die Blattadern und den Stil eines Blattes betrachtet; in hundert Steigerungen, in immer neuen, für einen Menschen aus der Industriepraxis noch ganz anders wie für einen Pflanzengelehrten verständlichen und langgewohnten Betriebsformen enthüllt sich vor dem studierenden Auge die Pflanze als eine wahre Industriestadt, in der da Hebewerke, dort Röhrenkühler tätig sind, Kondensatoren und Stofftreiber arbeiten, Filterpressen und hydraulische Werke, elektrolytische Apparate und Evakuationspumpen das Auge verblüffen. Je mehr man Fachmann ist, auf desto mehr technische Begriffe stößt man in diesem Betrieb. Ich habe in meinem großen Werk über die technischen Leistungen der Pflanzen hundert Erfindungen aufgeführt, welche durch die Pflanze vorweggenommen worden sind und ihr einfach vom Leibe abgeschrieben hätten werden können. Darunter sind Kreisel, Segnersche Wasserräder, Scherenspreizen, Beschläge, Kugellager, automatische Verschlüsse, elastische Federn, Diaphragmen, Gradierwerke, Balancergewichte, Beleuchtungslinsen, Ausleger, Kuppelungen, Schottensysteme, Gasballone, Fallschirme und so fort in bunter Folge, und ich weiß, daß damit erst ein Bruchteil dessen beschrieben ist, was man als das technische Können der Pflanze bezeichnen darf. Dabei ist es ganz klar, daß der Tier- und Menschenleib bei ganz anderer Bedürfnislage wieder eine Fülle ganz anderer Erfindungen hervorgebracht hat, daß die unbelebte Natur der Wolken, Berge, der Luftelektrizität, des Wassers wieder andere technische Prinzipien realisiert. Zu einer unbeschreiblich großen, neuen Welt schlägt unser Gedanke von der „technischen Form" die Torflügel weit auf und weist der menschlichen Arbeit eine schimmernde Zukunft fast ohne Ende.

Es gibt in dieser großen Fülle von seltsamen Anwendungen der chemisch-physikalischen Gesetze einige, die der Technik noch unbekannt sind, andere, deren Wirkung und Leistungsfähigkeit man zwar erproben kann, ohne daß ihr Prinzip bis jetzt durchschaut

wäre. Verschiedentlich birgt die Pflanze auch Erfindungen in sich, von denen die Botaniker mangels technischer Kenntnisse noch nichts gewußt haben. Und mit der Betrachtung einiger dieser merkwürdigen Fälle wollen wir unseren Besuch im biotechnischen Museum der Pflanzen beschließen.

Eine der bisher noch unbekannten und erst durch die biotechnische Betrachtungsweise zutage geförderten Tatsachen ist z. B., daß die Pflanzenblätter eine Art hydraulische Pressen, zumindestens kommunizierende Röhren zur Anwendung bringen. In der menschlichen Kultur gewinnen diese in immer steigendem Maße Verbreitung und gehören zu den sieben großen technischen Wundern der Gegenwart. Die lange Zeit hindurch so viel bestaunten ungeheuren Dampfhämmer werden jetzt immer mehr durch die lautlos arbeitenden Schmiedepressen ersetzt, die nur eine Anwendung des Prinzips der hydraulischen Presse sind.

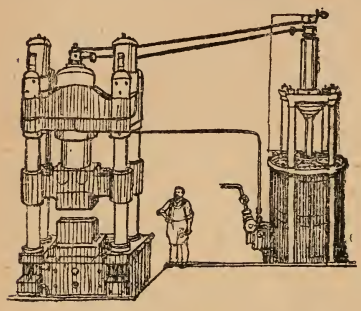


Abb. 16. Moderne Schmiedepresse mit 3 Millionen kg Preßdruck, beruht auf dem Prinzip der Hydathoden der Pflanzenblätter. (Vgl. S. 53.) Nach einem Modell im Deutschen Museum zu München gez. von R. Grieß.

Eine ganze neue Klasse von Werkzeugmaschinen ist in dem letzten Menschenalter entstanden, welche die alten Sagen von den Titanen wahrmachen. Man dreht einen Hahn auf und viertelmeterdicke Blechtafeln werden wie Papier zerschnitten, Schiffswellen nach Art des auf S. 32 dargestellten Ungeheuers werden ausgeschmiedet oder ganze Häuser und Brücken gehoben, wie das allen Magdeburgern geläufig ist. Man kann Schiffe von vielen tausend Tonnen Lasten dadurch wie leichte Körbchen versetzen, und was es derlei Gigantenarbeit noch mehr gibt.

Immer handelt es sich dabei nur um die sinnreiche Anwendung des hydrostatischen Grundgesetzes, nach dem sich in einem geschlossenen Gefäß ein auf darin befindliches Wasser ausgeübter Druck nach jeder Richtung in gleicher Stärke fortpflanzt. Er kann also durch die Vergrößerung der Gefäßwandung in beliebigem Maße vervielfältigt werden. Sind zwei Gefäße, von denen eines eine hundertfach größere Wandfläche besitzt, als das andere, durch

ein noch so dünnes Rohr verbunden, und übt man auf das Wasser im kleinen Gefäß einen noch so geringen Druck, so wird er doch im großen vervielfacht.

Darauf beruhen alle hydraulischen Pressen, darauf letzten Endes jede hydraulische Werkzeugmaschine.

Und nun, mit diesen Kenntnissen im Kopf, betrachte man sich ein Pflanzenblatt, etwa das der gewöhnlichen Gartenfuchsie oder der Kapuzinerkresse, das der Erdbeeren oder des Taumantels (Alchimilla), wie solcher auf allen Weiden und Wiesen wächst. Wenn man auch nur ein wenig Pflanzenkenntnisse und Naturfreude hat, weiß man längst, daß alle die genannten Blätter eine Art Wetterzeiger und Prophet sind. Tritt man am heißen Morgen in den Garten und sieht an den Randzähnchen der Blätter kleine Tröpfchen silbern blinken, so weiß man, es wird bald regnen. In Wirklichkeit ist durch das Austreten des Wassers aus den Blättern nur das angezeigt, daß die Luft so reich mit Wasserdampf gesättigt ist, daß die normale Verdunstung aus den grünen Pflanzenteilen nicht stattfinden kann, worauf eben der Überschuß an gewissen Spalten hervorgepreßt wird.

In den tropischen Regenwäldern, deren Luft fast ständig so feucht ist, daß sich jeder kühlere Gegenstand sofort mit Tröpfchen bedeckt, ist diese Guttation (so nennt man die Erscheinung in der Wissenschaftssprache) noch weit mehr gesteigert, als unter den heimischen Lebensverhältnissen. 25—85 Tropfen werden von Sumpfpflanzen dort in jeder Minute aus jedem ihrer Blätter hervorgetrieben, sogar fortgeschleudert, und manchmal sprudeln aus diesen kleinen Wasserspalten winzige Springbrunnen. Bei einer Colocasie hat man beobachtet, wie des Nachts das Wasser aus der Blattspitze plötzlich hervorbrach und etwa zehn Zentimeter hoch emporsprang.

Damit dies alles möglich sei, muß sich das Wasser unter Druck befinden. Woher rührt dieser Druck? Es kann unmöglich der bloße Wurzeldruck sein, durch den, wie allbekannt, die Bäume im Lenz „bluten"; hier wird eine, um ein Vielfaches größere Arbeit geleistet. Des Rätsels Lösung liegt in folgendem: Unter den Wasserspalten befindet sich ein großer Hohlraum, der durch feinste Röhren mit der allgemeinen Wasserleitung der Pflanze verbunden ist, die das Wasser aus dem Boden aufnimmt. Damit aber ist das

Prinzip der hydraulischen Presse angewendet. Jede noch so geringe Steigerung des Wurzeldruckes wird in dem Hohlraum in dem Maße vervielfacht, in dem dessen Querschnitt dem der Wurzelröhren überlegen ist. Es entsteht also ein zehn- und hundertmal größerer Druck im Reservoir, und da dieses ein Loch hat, quillt das Wasser dort hervor oder es spritzt sogar empor. Wenn man das einem Physiker gezeigt hätte, und wäre es auch einer der ganz vorweltlichen gewesen, ein Heron etwa oder ein Ktesibios, er wäre imstande gewesen, danach das Prinzip zu erkennen und schon zweitausend Jahre vor ihrer wirklichen „Erfindung" die erste hydraulische Maschine zu erbauen.

Unausdenkbar wären die Folgen einer solchen Tat gewesen, sagt man sich im ersten Überschwang der Gedanken — dann aber kommen die Erinnerungen und machen betroffen und kleinlaut. War denn nicht alles auch schon so gekommen? Hat man denn nicht im Serapeum zu Alexandrien Dampfmaschinen gehabt, hat denn Ktesibios nicht wirklich eine „Wassermaschine" konstruiert, fuhr man denn nicht in Ägypten schon im Ptolemäischen Reich auf „automatischen Wagen", waren denn nicht in ganz Alt-Rom richtige Feuerspritzen verbreitet, zog nicht im dritten Jahrhundert unserer Zeitrechnung mit den alexandrinischen Mathematikern ein ganzes technisches Zeitalter herauf? Und dennoch ist alles wieder untergegangen im Strom der Jahrhunderte, und mühsam, ganz von vorne mußte der Mensch sich alle seine Erfindungen von neuem schaffen!

Warum war dieser Rückfall? Wie kann etwas einmal Erreichtes und Erworbenes der Menschheit wieder verloren gehen? Ist auch unsere Kultur nicht dauerhaft?

Die Biotechnik gibt Antwort auch auf diese tragische Frage. Denn sie, die uns biologisch denken lehrt, zeigt unabweislich bei jeder Erfindung auf deren wahren Entstehungspunkt: auf die Notwendigkeit. Alles entsteht, wenn das Bedürfnis es fordert; in der Verknotung der Notwendigkeiten liegt selbst schon das Gesetz, aus dem das Neue hervortritt. Wo irgendwann einmal die Sachlage gegeben war, daß sich das hydrostatische Gesetz offenbare, dort sprühten auch schon die ersten Wassertropfen aus den Blättern, und die erleichterte Pflanze hatte Nutzen davon und damit Anstoß

zur Vererbung. Als Alexandrien unter dem Ansturm der thebaischen Mönche verödete und Rom in der Völkerwanderung unterging, hatten die neuen Herrscher der Welt kein Bedürfnis nach Techniken. Was soll der Jäger des Elchs mit dem Dampfwagen des Heron? Zu seinen Bedürfnissen gehörte nicht die „Kultur", und darum blieb sie in Trümmern liegen. Genau so, wie etwa die kleinen Meisterschiffstechniker des Wassertropfens im Laufe der Stammesgeschichte sich umwandelten in andere Formen, die nicht schwammen, und damit die ganze „technische Kultur" der Vorfahren ablegten.

Wirklichkeit hat keine Tradition; der Gang der Notwendigkeit durch die Welt kennt keine Sentimentalität. Wie Goethe in einem der tiefsinnigsten Worte des Faust geheimnisvoll es sagt: „Denn Naboths Weinberg war schon da." Und wie wir es heute wissen: er kehrt auch immer wieder. Notwendigkeit dreht das Rad der Welt; auf den Wink ihres Herrscherstabes stehen alle Toten auf, und verdorrt fallen auch alle Blüten von des Lebens Baum.

Nicht die Pflanze erfindet, nicht „wir" erfinden, sondern das Gesetz der technischen Formen vollzieht sich in der eisigen dunklen Nacht der Notwendigkeit. Man fühlt sich nicht immer stark genug, um eine so große Wahrheit ertragen zu können; wenn aber nach allen Kämpfen des Gefühls die Vernunft siegt, erkennt man, wie auch die Technik, die bloße Nützlichkeit des Seins auf einer großen Philosophie ruhen muß, auf jener, die über alle Dinge der Welt ausgegossen ist und vom „Sein" in sie gelegt wurde, daß sie uns aus dem Objektiven von allüberall her tröstlich Strahlen sendet wie Sterne in tiefem Dunkel und uns die Gewißheit gibt, nicht verloren zu sein, nicht zu stürzen und haltlos zu irren in dieser Weltennacht, sondern selber mitzuschwingen, im gleichen Chor unter dem Gesetz des Alleinen, ein glänzender Stern unter vielen .....

Wenn man sich erst einmal so tief hineingesehen hat in die „Technik der Pflanze", hat man von selbst die Antwort gefunden auf den ersten und geläufigsten Einwand, dem die neue Biotechnik auf ihrem Weg begegnen wird, obwohl eigentlich den Tatsachen gegenüber alle Einwände schweigen müßten. Es wird aber sicher welche geben, die sagen, der Mensch sei nicht an das allgemeine

Gesetz der Natur gebunden, sondern doch souverän in seinem Erfinden und technischen Können. Habe er doch eine ganze Anzahl technischer Großtaten hervorgebracht, die er niemals der Natur hätte ablauschen können. Denn sie kenne z. B. keinen Akkumulator, keine Lokomotive, kein Automobil, keine Bogenlampe und keine Schreibmaschine. Dieser Einwand übersieht vollständig, daß kein Organismus irgendwie das Bedürfnis nach Speicherung von Elektrizität in solchen Mengen hat, daß er Akkumulatoren anzuwenden braucht. Bedarf er der Elektrizität, wie z. B. der Zitterrochen und die elektrischen Aale, dann zeigen sich auch im Organismus die Anwendungen der Elektrizitätslehre genau so, wie im menschlichen Kulturleben. Fortbewegungswerkzeuge besitzt der Organismus von ganz anderer Vollendung, als daß er auf das Prinzip der Lokomotive angewiesen wäre. An sich ist einer der wichtigsten Grundsätze des Eisenbahnbaues, die Verminderung der Reibung durch Gleiten auf Schienen, tausendfach verwirklicht in der Natur, indem sich jede andauernde gleichgerichtete Bewegung einschleift und dadurch selbst ihren „Schienenstrang" schafft. Seit jenem geruhigen Abend, an dem ich in der Arabischen Wüste von der tiefen Bedeutung dieser Tatsache ahnungsvoll durchdrungen wurde, als ich die scharfen Hohlkehlen und glatten Kanten sah, welche der tägliche Wüstenwind mit der scheuernden Kraft seiner Bewegung in die harten Kalkbänke am Hang des Mokattamgebirges eingeschliffen hatte, seitdem ist mir die vieltausendfache Anwendung des gleichen Gesetzes vom größten bis ins kleinste immer wieder entgegengetreten und hat in mir die Erkenntnis der Weltgesetzlichkeit von der technischen Form zurechtgehämmert, die sich zwangmäßig durch das Geschehen selber schafft.

Das Schwimmen im Wasser, Rennen auf vier oder sechs Beinen zu Land und das Fliegen in der Luft sind viel günstigere Lösungen des Fortbewegungsproblems, als der Dampf oder elektrische Motor, dessen ganz hervorragend ungünstiger Nutzeffekt (kaum einige Prozent der in der Kohle steckenden Energie) die allgemein beklagte Schwäche dieser technischen Leistung ist.

Bogenlampen braucht der Organismus nicht, der „kaltes Licht" jeder Farbe — man denke an die Glühwürmchen, leuchtenden Pilze oder Tiefseefische — hervorgebracht hat.

Die Schreibmaschine und das Fahrrad sind Anwendungen des

Hebelgesetzes, eigentlich sehr primitive, nur sehr sinnreiche Mechanismen, die ihr Vorbild in den Hebelvorrichtungen der tierischen Laufwerkzeuge besitzen. Und höher als die Schreibmaschine steht auch mechanisch die menschliche Hand, die an feiner Beweglichkeit bekanntlich von gar keinem künstlichen Mechanismus übertroffen wird, weshalb Handarbeit und Kunstgewerbe turmhoch über allen Industriemassenartikeln gewertet werden.

Noch höher als die Einzelantworten aber steht an Beweiswert

Abb. 17. Vom Winde ausgeschliffene Hohlkehlen in den Kalkfelsen des Mokattamgebirges bei Kairo. (Vgl. S. 56.) Nach einer Originalskizze des Verfassers.

die Erinnerung, daß die Grenzen der Biotechnik stets durch das Bedürfnis gezogen sind, das durch die geschaffene Einrichtung befriedigt werden soll. Nur in Hinsicht darauf wird die Mechanik des Schaffens in Bewegung gesetzt, und nur im Rahmen des täglichen Gebrauchs, also wieder des wirklichen Bedürfnisses, wird das Optimum der Leistung herausselektiert. Von diesem Gesichtspunkt aus muß jede Erfindung von Pflanze und Tier (und Mensch) bewertet und verglichen werden. Bevor also der Biotechniker eine Einrichtung der Natur nachahmt, muß er zuerst auf das genaueste die Bedürfnislage, aus der heraus sie entstand, erforschen und kennenlernen, und nur

wenn sie sich mit der unseren deckt, ist die natürliche Lösung auch für uns die optimale.

Man wird hierüber bald auf das gründlichste belehrt, wenn man Erfindungen vergleicht, deren Prinzip auch der Organismus anwendet, ohne sie auf die Höhe zu treiben, die der Mensch anstrebt.

Da wären z. B. die pflanzlichen Kühlmaschinen, deren Gesetz von den Eismaschinen wiederholt wird.

Unter den verschiedenen Kälteerzeugungsmaschinen sind diejenigen, welche auf Verdampfung beruhen, zur größten Verbreitung gelangt. Die Kälteflüssigkeit (Ammoniak, Kohlensäure usw.) entzieht in einem Röhrenapparat durch Verdampfung der Umgebung Wärme. Dieser Dampf wird wieder kondensiert, und so kommt es in diesen Kompressionskältemaschinen zu einem steten Kreisprozeß, in dem das gleiche Quantum fortwährend verdampft und wieder in den flüssigen Zustand zurückgeführt wird. Ständig wird dabei die Temperatur herabgesetzt, so daß man leicht Eis erzeugen kann.

Ein derartiges Bedürfnis hat die Pflanze nicht; sie geht dem lebensfeindlichen Eis aus dem Wege, wo sie kann. Sie hat also keine Ursache, die Abkühlung so weit zu treiben; würde sie sich dermaßen steigern, würde ein solcher Apparat als lebensschädlich, also als untauglich sofort ausgemerzt werden. In diesem Fall wird also nicht das Optimum des Phänomens erzielt, sondern ein sehr geringer Wirkungsgrad, nämlich nur just so viel, daß es gerade zur Kondensation des Wasserdampfes durch eine Kältemasse kommt.

Verwirklicht wird das alles in der indischen Urnenpflanze (Dischidia Rafflesiana), die als Baumkletterer oft der Dürre ausgesetzt ist. Sie bringt demgemäß zweierlei Blätter hervor; neben ihren gewöhnlichen auch eigentümlich krugartig geschlossene, welche an ihrer oberen Öffnung stark verengt sind. Durch eine ganz schmale Öffnung wächst an dieser Stelle in das Blatt eine vielverzweigte Luftwurzel, welche mit dem allgemeinen wasseraufsaugenden System der Pflanze in Verbindung steht.

Das Innere der nahezu geschlossenen Urne ist mit einer braunen, wachsüberzogenen Haut ausgekleidet, welche durch außerordentlich zahlreiche Spaltöffnungen durchbrochen ist.

Nun beachte man die Funktion der ganzen Einrichtung. Die Spaltöffnungen hauchen reichlich Wasserdampf und Kohlensäure aus. Beides ist das gemeinsame Produkt der Transpiration und der Atmung. Mit Kohlensäure gesättigter Wasserdampf ist aber im Sinne der Kälteindustrie eine „Kältemischung". Durch sie wird in dem geschlossenen (mit einem Isolator: Wachs, belegten) Urnengefäß die Temperatur herabgesetzt, so daß es zu einer erheblichen Kondensation kommt. Die Kondenströpfchen rollen an der glatten Wachsschicht ab, es bildet sich am Grunde des Gefäßes eine kleine Wasseransammlung. In diese tauchen die Saugwurzeln und holen so für die Gesamtzwecke der Pflanze reichlich Wasser — aus den eigenen Blättern.

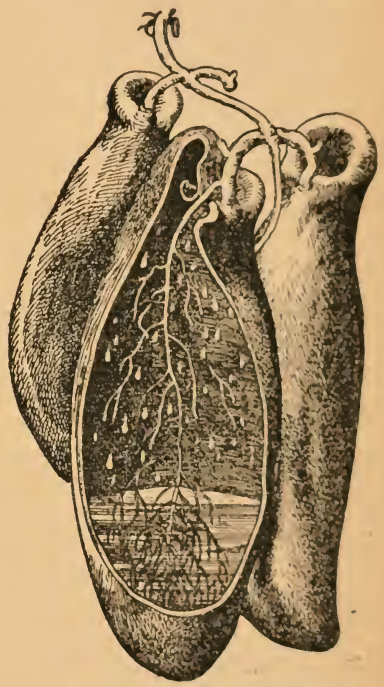


Abb. 18. Die Urnenblätter von Dischidia, eine Kühlmaschine der Pflanze. Das vordere Blatt ist der Länge nach aufgeschnitten. (Näheres siehe im Text S. 58.)

Dieses Gewächs begießt sich also selbst. Es verschafft sich so reichlich Wasser, daß es auch überreich Wasserdampf transpiriert; dadurch erhält sich auf die artigste Weise ein Kreislauf. Die gesamte Einrichtung wäre ein ziemlich vollkommener Kondensator gemeinbekannter Art in der Industrie, wenn die „Kältemischung" nicht wäre; durch sie aber sind die Urnen von Dischidia, was bislang unbekannt war, das biotechnische Vorbild einer Eismaschine.

Daß das Vorbild in diesem Fall weidlich unvollkommen ist, bedeutet gerade seine Vollkommenheit. Das interessante Beispiel beleuchtet klar den richtigen Standpunkt, ohne den der Biotechniker gründlich in die Irre gehen würde.

Es gibt in der Botanik ein Kapitel, vor dem sowohl die Biotechnik wie der Botaniker noch ratlos schweigen; Leistungen vollziehen sich vor ihren Augen, denen weder Forschung noch Verständnis gewachsen und die ein vollkommenes Beispiel dafür sind, wie sehr man alles im Pflanzenleben ausschließlich nur von der Bedürfnislage der Pflanze aus beurteilen muß.

Das ist die „Wasserkunst" der Bäume.

Eine tausendfach besprochene, in jedem Schulbuch zu findende Tatsache, die aber heute noch dunkler ist, als in den Zeiten, da die ersten Naturforscher zagend, mit freudigem und zugleich furchtsamem Erstaunen in das geheimnisvolle Innere der Pflanze blickten. Seit jenen, sich nun bald 250mal jährenden Tagen weiß man schon, daß im Innern der Gewächse, sei das nun ein Kraut, ein Getreidehalm oder ein himmelan strebender Baum, eine Röhrenleitung liegt.

Was ist eine Röhre? Ein Hohlstab, die uralte technische Form, die sich das Wasser gleichsam selbst zurechtbildet, wenn es in Klüften und Spalten zwischen festen Teilen sich den Weg abwärts sucht und sich dann sein Bett glättet und gräbt und nicht ruht, bis es den Weg des kleinsten Widerstandes: eine glatte, gerade Röhre geschaffen hat.

In diesem Fall sinken freilich die Wasser nicht nur, sondern sie steigen auch empor, denn diese Wasserleitung hat die Aufgabe, das Gewächs bis in die letzten Astspitzen und bis zum höchsten Blättchen mit dem kostbaren Naß zu versorgen, ohne das kein Leben möglich wäre.

In unserer Bedürfniswelt kommt diese Situation eigentlich erst seit dem Entstehen der modernen Städte vor. Das vielstöckige Großstadthaus ist auch so ein vielzelliges Gewächs, in dem durstige Bewohner bis in die letzte Etage hinauf nach Wasser verlangen. Und mein ganzes Bemühen wäre vergeblich gewesen, wenn jetzt nicht schon auch der letzte meiner Leser es aus Eigenem wissen würde, daß man dieses Bedürfnis nach genau demselben Prinzip befriedigen müßte, wie es in der Pflanze geschieht: Durch eine vielverzweigte Röhrenleitung, in der das Wasser unter Druck hinaufgetrieben wird.

Insoweit ist alles klar, befriedigend und durchsichtig.

Den „Wasserhub" kann man auf verschiedene Weise erreichen.

In jedem Einzelfall wählt man dazu den Weg des kleinsten Widerstandes. Wenn in der Nähe der Stadt Berge sind, wird man das Wasser von dort holen, denn nach dem Gesetz der kommunizierenden Röhren wird es in den Röhrenleitungen von selbst so hoch steigen, wie es am höchsten Punkte im Gebirge stand. Im flachen Land dagegen behilft man sich mit einem künstlichen Berg aus Mauersteinen, nämlich mit einem Wasserturm, der oben sein Reservoir trägt, dessen Spiegel naturgemäß höher als alle Wasserhähne der Stadt liegen muß.

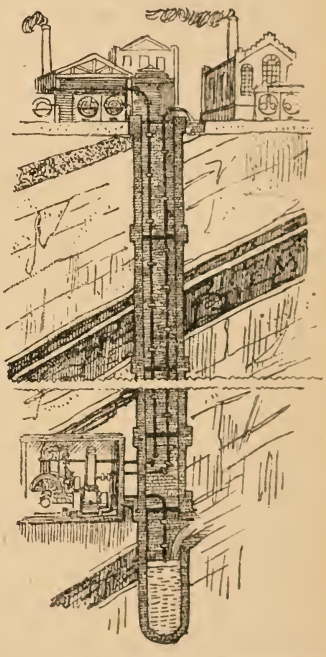


Abb. 19. Unterirdische Wasserhaltungsanlagen in einem Kohlenbergwerk verwirklichen das Prinzip des Wassertransportes in Röhren nach Art eines Baumstammes mit ungleich größeren Mitteln. Nach einem Modell im Deutschen Museum zu München gez. von R. Grieß.

Aber in den Wasserturm muß man das Wasser künstlich heben. Das geschieht vermittelst Pumpen. Eine Saugpumpe hat nur geringe Hubhöhe. Um Wasser dreißig und vierzig Meter hoch heben zu können, bedarf es einer Druckpumpe, und je größer nun die Hubhöhe ist, desto mehr Kraft braucht man, um in dieser eisernen Leitung der Steigröhren das Wasser mühsam von Meter zu Meter zu pumpen. Viel tausend Pferdekräfte werden dazu in Bewegung gesetzt, und wer die dröhnenden Maschinen eines großen Pumpwerkes einmal gesehen hat, ist wahrlich nicht mit dem Eindruck davongegangen, daß er hier einer optimalen Leistung der Technik beigewohnt habe. Arbeit und Erfolg stehen in einem klaffenden Mißverhältnis.

Am erschütterndsten klagt dieses Ringen zwischen Menschenwillen und zähem Widerstand der Materie in den großen Bergwerken, wo an sich alles von einem Hauch des Tragischen umwittert ist, die Natur ein dunkelernstes, gleichsam zürnendes Antlitz

trägt ob des Frevels, auch die Grabesruhe ihrer Tiefen zu stören. Riesenhafte Maschinenwerke sind dort angelegt, viele Meter unter Tag; bis in die stillsten Gänge hinein hallt das dumpfe Schlagen und Stöhnen der Maschinenungeheuer, deren Räder sich rasend drehen, der „Wassergewältigung" zuliebe. Denn von allen Seiten sickert und springt, da gluckend und in melodischem Tropfenfall, dort brausend als weißer Gischt und Wasserschwall die unendliche Fülle der unterirdischen Gewässer und würde steigen Meter um Meter, wenn die „Wasserkunst" auch nur einen Tag ruhen würde. Aus Tiefen von neunhundert und tausend Meter holt die Dampfkraft das klare, kühle Naß herauf und läßt es dann leer und nutzlos zerrinnen.

Ist das Biotechnik? Nein. Schon deshalb nicht, weil kein Organismus tausend Meter hoch ist. So würde eine oberflächliche Antwort lauten. Die Bedächtigeren würden sagen, es komme nicht darauf an, wie viele Pumpenstationen man im Bergwerk übereinander setze, um qualvoll und kostspielig immer wieder um hundert Meter den unterirdischen See emporzutragen, der alle Bergleute bedroht, sondern es handle sich darum, ob in der Pflanze, welche ja oft kirchturmhoch ist, auch Druck das Wasser in den Röhren von der Wurzel bis in den Wipfel hebe. Und wenn es Druck sei, wo denn die Maschinen sind, die solche Kraft erzeugen?

Da stehen wir denn auch schon mitten in dem Unbegreiflichen, im vielleicht rätselhaftesten Problem der gesamten Biotechnik und Botanik zugleich, das seit hundert Jahren den Menschengeist immer wieder in Bewegung gesetzt hat. Um es gleich vorweg zu nehmen: man hat das Problem nicht gelöst und ist so klug, als wie zuvor.

Man hat es nur auf ganz scharfe Formeln gebracht und schon viele Möglichkeiten ausgeschlossen, so daß man heute nicht mehr die Freiheit hat, noch viel in die Irre zu gehen, sondern vielmehr vor der letzten, verschlossenen Türe steht.

Man gestatte mir, einiges von den anerkannten Tatsachen auszubreiten. Vor allem: die Höhen, um die es sich bei den Pflanzen handelt, sind beträchtlicher, als man denkt. Ein wohlgebauter Dorfkirchturm ist vierzig Meter, wenn er stattlich ist, sechzig Meter hoch; ein gotischer Dom reckt sich hundert Meter, der höchste von allen, das Ulmer Münster, 161 Meter gegen den

Abb. 20. Kletternde Palmen (Rotang) in Südasien, welche in ihren Stämmen das Wasser bis 200 Meter hoch pumpen.

Himmel, zu dessen Ehren er steht. Eine hohe schöne deutsche Weißtanne aber hebt ihr Wasser bis zu 75 Meter, denn in dieser schwindelnden Höhe flirren ihre höchsten Nadeln. Die Mammutbäume von Kalifornien sind bis 142 Meter hoch, die Eukalyptusbäume von Australien 152 Meter. Es gibt aber Kletterpalmen, die auf vielgewundenem Weg ihren Wasserbedarf 180 Meter weit schleppen. Nimmt man dazu zehn und zwanzig Meter Wurzeltiefe, so kann man sagen, daß die Bäume das Wasser auf 90—200 Meter Höhe emporheben. Jeder Techniker horcht von nun an gespannt auf, denn das erfordert eine sehr große Kraft. Aber gerade ihm liegt zur Erklärung auch ein Gedanke nahe; er denkt an die Kapillarität. Den Nichtmechanikern fällt bei diesem Wort der Spaß ein, den es ihnen bereitete, wenn sie als Kind beim Morgenkaffee zusahen, wie das braune Naß an einem Zuckerstückchen emporkletterte, das man in den Kaffee hielt. Das war Kapillarität.

Aber beiden Kategorien meiner Leser nützt es in diesem Falle nichts, von ihr zu wissen. Denn sie versagt bei großen Höhen, und 30 und 50 Meter hoch kann sich Wasser nicht durch Kapillarkraft über dem Wasserreservoir erhalten.

Es ist in den Pflanzen keine Einrichtung sichtbar, an der sich die Kunst des Erklärens üben könnte. Die Röhrenleitung freilich, die ist da; lückenlos reicht sie von der Wurzel bis in die höchsten Blattnerven. Auch das läßt sich erkennen, daß, wie in einer Saugpumpe, über der in ihr steigenden Wassersäule verdünnte Luft vorhanden ist. Sofort knüpft Hoffnung daran: der Druck der umgebenden Luft lasse das Wasser in den Gefäßen steigen. Aber ebenso rasch zerstört Wissen diese Hoffnung, denn durch den Luftdruck wird nur eine Wassersäule von zehn Metern Höhe im Gleichgewicht gehalten.

Man hat entdeckt, daß in allen Pflanzen ein gewisser Wurzeldruck herrscht, von dem auch das Landvolk weiß und den es auf seine Weise anwendet. Die Bauernmagd, die sich ins Maiengrün des Birkenwäldchens stiehlt und dort einen der weißen Stämme anbohrt, weiß davon, denn sie rechnet auf den fließenden Birkenbalsam, mit dem sie sich das Antlitz einreibt, in der Hoffnung, daß es samtweich und begehrenswerter für den Liebsten werde. Der Weinbauer kennt das „Bluten" seiner Reben

im Lenz, nimmt es als selbstverständlich hin und macht sich keine Gedanken darüber; es ist eben „Saftsteigen" und nicht mehr. Die Gelehrten haben den Wurzeldruck gemessen; im Stengel des Fingerhutes würde er genügen, um das Wasser sechseinhalb Meter zu heben, im Stamm des Maulbeerbaumes aber reicht er nur aus, um 16 Zentimeter weit Wasser zu transportieren; noch nie fand man, daß er mehr leistet als 16 Meter.

Außerdem weiß man nicht, woher der Wurzeldruck stammt. Man sah nur, daß er sogar in toten Baumstämmen wirksam ist, also nicht vom Leben abhängt. Auch das ist klar, daß die Gefäße der Pflanzen das Vorbild aller Druck- und Saugpumpen sind. Aber auch daran läßt sich nicht zweifeln, daß die Pflanze von ihnen einen Gebrauch macht, an den wir nicht herankommen, den wir nicht einmal verstehen.

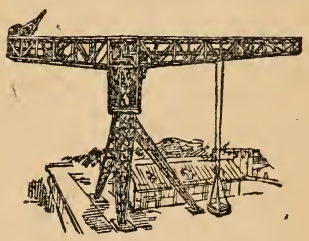


Abb. 21. Moderner Schiffskran, eine Eisenkonstruktion, die nach dem Ökonomieprinzip der Festigungsgewebe der Pflanze erbaut ist. Original von R. Grieß.

In jedem Baum am Straßenrand steckt also eine noch nicht gemachte Erfindung und in seinen Zweigen flüstert es vernehmlich, daß es Dinge gibt, von denen sich unsere Schulweisheit wahrlich nichts träumen läßt.

Diese „Schulweisheit" ist an sich ein so merkwürdig Ding, daß sie oft nicht einmal das kennt, was sie weiß. Gerade die Vorgeschichte der Biotechnik bietet hierfür eines der lehrreichsten und merkwürdigsten Beispiele.

Schon ein Menschenalter ist es her, da wurde einer der schönsten biotechnischen Belege entdeckt, als der Schweizer Schwendener und der Aschaffenburger Dingler sich davon überzeugten, daß die Gesetze der Statik und die der Mechanik im Pflanzenleben vollgültig sind. So harmlos wenigstens faßte man die Tatsache auf, daß das Prinzip der I-Träger, diese elementare Bauform aller Eisenkonstrukteure, in den Pflanzenstengeln Anwendung findet und ihnen Festigkeit verleiht, ebenso, daß gewisse in der Luft umherwirbelnde Früchte (man denke an den Ahorn) das Prinzip des Propellers verwirklichen.

Man maß, sah, staunte und — wagte nicht Folgerungen zu

ziehen. Handgreiflich drängte es sich den Sinnen auf, daß die großen, damals alle Gemüter bewegenden neuen Erfindungen ihr Vorbild in der Natur haben: die photographische Kamera und die Camera obscura im menschlichen Auge, das Telephon im menschlichen Ohr, der Eisenhochbau im Knochen und Getreidehalm, der Fallschirm in den reizenden „Lichtern" des Löwenzahnes, die Propellerschrauben in den Flugfrüchten und so fort schon damals in langer Reihe. Man sprach von Ähnlichkeiten, Analogien, von „Organprojektion", man schrieb eine „Philosophie der Technik", ahnte etwas und wagte niemals folgerichtig zu denken und zu sagen: „Es gibt nur ein Gesetz. Auch wir Naturwesen können nur das Gesetz des Plasmas und des Weltenbaues wiederholen. Die Gesetze unserer Technik liegen in der Natur vor unseren Augen." Niemand hat das je gesagt.

Man machte ein Kuriosum aus diesen Dingen und vergaß sie wieder. Vor allem, man zog niemals eine praktische Folgerung daraus. Man wußte von den großen Tatsachen der Biotechnik, aber man benützte sein Wissen nicht, der Biologe hatte dem Techniker nichts zu sagen, und der Ingenieur, der Chemiker, der Architekt fand, daß biologische Kenntnisse nicht zu seinem Fach gehören.

Wer das unverständlich nennt, der vergißt, daß es mit allen Dingen der Welt uns Menschen so geht: sie sind, stehen uns vor Augen, wirken ihre Wunder, reißen uns in den Wirbel ihres Geschehens, wir erleben sie zwar, merken sie aber so lange nicht, bis ihr Gesetz gefunden ist.

Elektrizität umspielt das Menschengeschlecht seit dem ersten Tag, da ein menschlich Auge furchtsam und zag zur drohenden Wolke aufsah; als Blitz blendete sie seinen Blick, als Glimmlicht hielt sie ihm einen schaurig-schönen Vortrag über stille Entladungen, im Krachen der durch den Wetterstrahl stürzenden Bäume bewies sie ihm handgreiflich ihre Macht. Und er wußte trotzdem Jahrtausende lang nicht, daß es Elektrizität gibt. Und deshalb konnte er sie nicht benützen.

Der Sturz der Wasserfälle zerbröckelte das Felsgestein; im donnernden Tosen der Brandung zerrieb sich Granit zu Sand; jedes gehämmerte Stück Eisen wurde warm; der Mensch der Urzeit war noch Menschenfresser und trug noch keine Kleider, als

er schon die Kunst übte, Hölzer zu reiben, bis auf einmal aus der Hitze ein roter Schein aufsprang und helles Licht und Wärme ward in seiner dunklen Höhle. Millionen von Augen haben das gesehen, Millionen Menschen haben es erlebt, sich daran erfreut, und keiner hat es gewußt, an welches Gesetz er damit gerührt. Das Gesetz der Umwandlung der Energien leuchtete im Bewußtsein erst auf, nachdem unzählige Geschlechter, die nur mit seiner Hilfe gelebt hatten, dahingegangen waren. Und erst von da ab konnte der Mensch sein Wissen darum wirklich benützen und sich zum Herrn der Energien aufschwingen.

So ging es auch der Biotechnik. Überall, in jedem Garten, auf jeder Wiese, in jedem Feld umgeben uns biotechnische Wunder; jeder Käfer, der davonläuft, ist ein solches, jede Fliege, die uns umsummt, eines der Meisterwerke der Biotechnik, und die eigene Hand, die sie verscheucht, vielleicht das größte von allen. Aber die Menschen mußten auch diesmal wieder so lange blind sein, bis man ihnen das Gesetz zeigte, das mit leuchtenden Lettern auf die Himmel geschrieben ist und auf den Wald und die Flur.

Sollte man da nicht glauben, daß von der Stund' an es alle sehen werden, so wie heut' alle Gebildeten von Elektrizität wissen und von der Erhaltung der Kraft?

III.

Ich habe danach getrachtet, in möglichst einfachen Worten die lehrreichsten Erscheinungen der pflanzlichen Biotechnik vorzuführen, und habe dabei nach keinem anderen Ziele geblickt, als daß man die Zusammenhänge verstehe und das Gesetz erfühle, das unser Wirken immer noch in den Ring der Natur einfügt. Ich habe die glänzenden Worte und die leuchtenden Bilder vermieden, denn die Tatsachen selbst sind so phantastisch und sinnverwirrend, daß Phantasie auch nicht ein Körnchen dazuzutun braucht und Kunst nicht eine Farbe zu dem fesselnden Gemälde.

Diese Dinge sind vielmehr so ernst und groß, daß es wie in einem Gebet ziemt, von ihnen ganz schlicht und einfach zu reden. Literatur ist Einfalt, wenn der Weltengeist spricht.

Und das biotechnische Gesetz ist wahrlich ein Stück von dem Unaussprechlichen, das den Weltenbau zusammenhält.

Wir sind ihm nachgegangen im Bau der Pflanze und im Leben der Einzeller, aber wir hätten natürlich das gleiche gefunden, wenn wir unsere Beispiele aus der Biotechnik der Tiere oder aus dem sonderbaren inneren Bau des Menschen selbst genommen hätten. Mit Bedacht haben wir die Exempel so gewählt, daß dadurch die einfachsten technischen Formen als Abdruck und Spiegelbild der Tätigkeiten, die sie gestalten, vor dem Auge erschienen, die Spindelformen des Schwimmens, die Abdrücke der Wasserbewegung in der Körpergestalt, um die Linie des kleinsten Widerstandes zu ermöglichen; dann sahen wir, wie sich die Tätigkeit das Werkzeug formt, wie die optimale Schraubenlinie der Wasserbewegung die Geißelschrauben in ihre Formen zwingt, worauf dann die unerhörten Leistungen von selbst einsetzen. Stufe um Stufe stiegen wir auf und verfolgten das gleiche Prinzip in immer anderen, überraschenden und neuen Anwendungen.

Eine verwirrende Mannigfaltigkeit begann uns zu umgeben. Da die Turbinen des Wassertropfens, dort die winzigen Schiffe der Erdspalten; wir befreiten uns von der leeren Phrase der „Kunstformen der Natur", an deren Stelle wir die vollendeten technischen Formen der Lebenstätigkeit bewundern lernten. Wie in Marschners Heiling wendete auch vor uns das große Zauberbuch magisch seine Blätter von selbst um. Und darinnen gezeichnet waren die tausend Formen der Zelle und Organe, wie eine mystische Schrift, aus der man das Leben der Pflanze ablesen kann. Ein wunderbares Wort flüsterte uns die Natur ins Ohr, das uns nicht mehr verließ: Jede Form ist nur das erstarrte Momentbild eines Prozesses!

Mit dieser Formel ging das große Tor vor uns auf, das zu den Schatzkammern der Pflanzentechnik führt. Mit ihr ist alles verständlich, anziehend, nachahmenswert und fruchtbar, ohne sie fahren krachend die Torflügel zu, das Licht erlischt, das uns alles erhellte, und stumm, sinnlos, nichtssagend stehen Kraut und Baum in ödem Land, so stumm, wie die Botanik fast für alle Menschen ist, gut genug, um an Gemüse und Salat, Obst und Weizenpreise zu denken; was darüber hinaus ist, bleibt ein achselzuckend aufgenommener Zeitvertreib für . . ein wenig wunderliche Käuze.

Aber mit unserem Gesetz ist das für immer vorbei; für alle Menschen, für die dichterischen und tiefsinnigen, weil sie das Herz der Welt darin pochen hören, und für die praktischen und nüchtern rechnenden mehr noch denn je, weil von nun an ein Goldstrom aus botanischem Wissen fließt.

Damit ist also etwa Botanik und die ganze Biologie zu einem notwendigen Unterrichts- und Studiengegenstand für jeden Techniker gemacht, den Menschen ist ein neuer Weg zum Geldverdienen gezeigt und jedem, der von diesen Fortschritten hört, ein befriedigtes Lächeln abgerungen, ein wohlwollendes Kopfnicken, wie schön es sei, daß man es so weit gebracht habe. Die Materialisten werden vielleicht sogar jubeln: Seht, wie unsere Denkungsart zum Siege kommt! Nicht nur der Mensch, sondern auch die Pflanze, die ganze Welt ist eine Maschine!

Aber die Materialisten haben doch nicht recht, und Materialismus ist keine Weltanschauung, sondern eine Arbeitsmethode. Die Weltmechanik, auf der tiefsten Grundes alle Biotechnik beruht, ist nach wie vor das Rätsel des Seins selbst und ruht immer noch groß, unbegriffen und ewig in unserer eigenen Brust, im Hirn, das aus seinen Wahrnehmungen eine Welt baut, die deshalb mechanisch und materiell erscheint, weil unsere Sinne uns Materie vorspiegeln und die Ordnung unseres Denkens nur nach den Gesetzen der Mechanik vor sich gehen kann.

Gewiß wird die Biotechnik den Unterricht der technischen Hochschulen beeinflussen, vielleicht sogar reformieren, zweifelsohne vermag sie auch eine neue Blüte der Industrie nach sich zu ziehen, und zahllose große und weittragende Erfindungen liegen milliardenschwer in ihrem Schoß. Man wird nur die Hand auszustrecken brauchen, um sie zu heben. In diesen Jahren des Unsegens und der Not tut sich damit eine frohe Perspektive auf: wir werden Segen ernten aus der Biotechnik und wieder bequemer und sorgenloser leben, wir werden alles erreichen, was je ein Lebewesen erreicht hat, bis wir die ganze Welt abgeschrieben haben. Erst dann werden die Grenzen der Technik erreicht sein. Bis dorthin werden wir freilich noch jahrhundertelang forschen und arbeiten können, denn die Welt ist so groß, und Erfindungen sind in der Natur seit Äonen gespeichert.

Aber an dem Gedanken der Biotechnik zündet sich ein noch

weit größeres Licht an, als der bloß materielle Nutzen und das Blinken des Goldes.

Biotechnik ist ein Strahl von einem Stern, der in das Dunkel des Menschengeistes niederleuchtet. So wie man am hellen Mittag von eines tiefen Brunnens Grunde aus die Sterne am Firmament erblickt, so sind auch wir genügend in unseres Problems Tiefen hinabgestiegen, um nun auch den Leitstern zu sehen, der, ungekannt noch von den Menschen, doch über ihren Häuptern seine Bahn zieht ins Unerkennbare.

Gewiß ist Technik etwas Wunderbares, die schönste Probe unseres Scharfsinns; sie macht uns reich und mächtig, aber sie ist doch nur ein Diener des Lebens. Wer außer ihrem Kreise stehend, gleichsam objektiv so viel nachgedacht hat über sie, wie ich es mußte, der erblickt fast visionär ihre wahre Stellung in der großen Versammlung der Kräfte, die die Welt schaffen.

Und da sieht man, daß sie nicht zu dem Urgrund der Dinge gehört; sie ist vielmehr nur ein Glied in der Kette der Vorgänge, aus denen das Weltgeschehen zustande kommt.

Wenn wir jetzt, so viel praktisches Wissen im Kopfe über die Gesetze von technischer Form und Geschehen, zurückdenken an jene Stunde, in der wir uns zum erstenmal tapfer hinstellten vor das dunkle Ungeheuer Welt und es in das Netz unserer Begriffe einfingen, so verstehen wir erst jetzt so richtig das, was wir damals taten. Was haben wir in jener Stunde (vgl. S. 10) erkannt? Daß die Welt ein Ganzes sei, dessen Teile sich gegenseitig beeinflussen. Sie bedeuten also für einander Störung und Hemmung. Wer hat das nicht schon im eigenen Dasein empfunden, wie das Sein der anderen, wie das der Weltdinge ihn selbst hemmt an Entfaltung und Ausleben? Und was war unserer Lust höchste Bekrönung, stets noch jeder Weisheit letzter Schluß? Nicht die Vernichtung der störenden Dinge, sondern Überwindung der Hemmnisse durch Ausgleich und Harmonie mit dem Weltganzen. Der Ausgleich mit den anderen allein kann unser, kann jedes Dinges Optimum sein. Und um den Ausgleich zu erreichen, dreht sich das ungeheure, gespenstische Rad des Weltprozesses.

In dieser Region steckt die tiefste Wurzel aller Eigenschaften. Um seinen Lebenszweck zu erreichen, die Überwindung seiner

Störungen zu erzielen, ändert sich der Organismus, sei er Pflanze Tier oder Mensch oder eine bloße Zelle; deshalb schwimmt er, fliegt er, verteidigt er sich, schafft er sich tausend Apparate und Erfindungen.

Versteht man, wo das hinaus will? Wie dieser Gedankenweg mit unbeirrbarer Folgerichtigkeit zu dem Ziele führt, den letzten Sinn der Biotechnik zu verstehen?

Sie ist für die Dinge eine Befreiung von den Hemmungen, eine Erlösung, eine Erfüllung des Weltensinnes, der nach der Ruhe der vollendeten Harmonie strebt. So ist Technik der Weltprozeß selbst und zugleich sein Mittel, um sich zu beenden. Sie führt zum Daseinsoptimum; durch sie wird des Daseins Drang erträglicher gemacht, sie lindert alle Störungen.

Es ist etwas Wunderbares um das sinnende Betrachten der Natur von diesen reinen Höhen objektiver Selbstlosigkeit aus. In hundert Krisen und Zweifeln wälzt sich sonst das Leben der Menschen dahin, es jagt sie voll unbefriedigter Sehnsucht vom Wissen zu den Künsten, von deren Blendwerk zurück in die greifbaren Genüsse, oder es hält sie in ängstlicher, unsicherer Dumpfheit und Unwissenheit und quält sie dann mit dem dunklen Gefühl, das Werkzeug anderer, unterworfen zu sein unter Ziele, die sie nicht durchschauen, zu schwimmen in einem Strom von Weltgeschehen, der für die Angst der meisten so endet, als stürze man in eine graufe Nacht hinab, darin Tod, Schreckliches herrschen und unvorstellbar entsetzlich alles zerfließt, was wir gewollt und geliebt haben.

Nur eine einzige Möglichkeit gibt es, um an diesem Totentanz verzweifelter, gebundener Menschenseelen nicht teilnehmen zu müssen: das lichte, sonnige Erkennen des Weltgesetzes. Eine Anschauung des Menschenlebens von einem so hohen Berge aus, daß es für das Auge in eines verschmilzt mit den stillen reinen Dingen der Natur und dem großen sinnreichen Räderwerk der Gesetze, das der „Gottheit lebendig Kleid" wirkt.

Von diesem Gesichtspunkt aus erkennt man dann, daß Technik nicht ein gottbegnadeter Vorzug des Menschen ist, nicht eine Art Endziel und Höchstes, wie die Geldmenschen und Praktiker glauben, die sich den Teufeln Gold und Erfolg verschrieben haben; noch etwas Gemeines und Niedriges, wie die Idealisten und Dichter hochmütig ausstreuen. Sie ist vielmehr nur eines der notwendigen

Lebensmittel für die arme, ringende, durch tausend Nöte gejagte Kreatur, um das Dasein, das ewig gefährdete, an sich so armselige und leicht zerbrechliche Leben besser ertragen zu können.

Gesetzt ist sie in das Leben aller Kreatur durch das Gesetz des Weltenbaus, um die Vollendung des Lebensprozesses zu ermöglichen. Deshalb vollzieht auch sie sich gesetzlich und ist jeder Willkür entrückt. Technik steht darum so fest und unzertrennlich an die Naturwissenschaften gebunden, weil man ihr niemals andere Formen geben kann, als die in den Naturgesetzen vorgeschriebenen. Das Hochgefühl in unserer Brust bei Vollendung und Genuß einer technischen Errungenschaft ist nichts als die Sicherheit, dadurch unserem Optimum näher zu kommen, das heißt: unser Leben vollkommener erfüllt zu haben. Nichts anderes aber erreichten auch Pflanze und Tier mit ihren technischen Leistungen. Sie können ihren technischen Erfindungen keine anderen Formen geben, als wir, denn es gibt überhaupt für alles nur eine einzige Form, die dem Ding Dauer verleiht. Und das ist die „Wesensform", welche die beste Möglichkeit realisiert. Wir können alles mögliche andere versuchen, Dauer hat ja doch nur diese optimale Form. Unser Weg des Arbeitens ist abgesteckt durch die Mißerfolge, die jede andere Arbeitsart als die organische nach sich zieht. Genau so geht es Pflanze und Tier. Alles, was sie hervorbringen, wird geprüft von der Leistung und dem Wettbewerb und verworfen, wenn es nicht das Optimum ist. Die Jahrmillionen sichern die Erreichung des Zieles. Das Weltgesetz erzwingt es, daß zuletzt die Technik des Organischen und die des Menschen identisch sind.

Hat man das erst einmal als erlebte Überzeugung in sich aufgenommen, dann erweitert sich plötzlich das Bild vom rein Technischen ins Allgemeine, bis zu den höchsten menschlichen Zielen. Denn jedes Naturgesetz hat universelle Gültigkeit. Nicht nur für das Organisieren von Maschinenelementen und Bausteinen gilt es, sondern für alles Organisieren von Teilen. Die Weltmechanik ist ewig und überall vorhanden. Magisch ist sie dem Bau unserer Welt eingezeichnet; sie ist auch unseres eigenen Lebens Gesetz.

Man mag tun, was man will, solange man lebt, erfüllt man

dieses Gesetz. Alles Schaffen ist nie etwas anderes, als das Lebensgesetz, daher ist in allem das Gesetzmäßige der Biotechnik wirksam.

Dieselbe Formel, die uns die Identität von Biotechnik und Menschentechnik bewies, ist gültig für jedes Gebiet menschlicher Arbeit. Immer muß das, was dauernd sein soll, ein Abbild der Weltmechanik sein. In jedem geistigen Tun werden wir zwangsmäßig auf diesen Weg gelenkt.

Die Weltmechanik arbeitet in den Maschinen, mögen sie von den anderen Lebendigen oder von uns aus den technischen Urformen erbaut sein. Wir erbauen sie auch aus Steinen und sprechen dann von Architektur, sie verwirklichen wir auch in Tönen und schaffen klingende Organismen, Kompositionen. Wir errichten ein Abbild der Weltmechanik aus Menschenrechten und Pflichten und nennen es Staat. Oder aus Begriffen und sagen dann Philosophie dazu. Stets verwirklichen wir damit nur unseres Lebens Gesetz, wir tragen die Lebensgesetzlichkeit damit in alle unsere Werke, in unser ganzes Weltbild. Und halten es dann für ein Problem, der größten Mühe würdig, sie darin auch wieder aufzufinden.

Dem Erkennenden liegt es wie ein verklärtes Lächeln über der ganzen Welt. Die Menschheit schafft sich zuerst aus ihren Gesetzen ein Sinnenbild der Natur und eine ganze Kulturwelt und preist dann den als großen Entdecker eines unerhört Neuen, der diese Gesetze in der Welt wieder aufdeckt. Sie merkt es nicht, daß der Weltprozeß selbst den Menschen dazu zwingt, denn Leben wird alles nach dem Lebensgesetz einrichten. Darum ist alle Wahrheit ein Kreis, alles Wissen relativ und die Erkenntnis eine Schlange, die sich selbst in den Schwanz beißt.

Aber in diesen Schlangenring eingefangen hängt das goldene, süße Leben, und jeder, der diesen Ring ganz zu Ende denkt, macht sich lebensfroher und erreicht mit seiner Vollendung seine eigene „technische Form". Sie ist für das Bewußtsein „bewußtes Sein".

Wer aber die „Erfindungen der Pflanze", die Biotechnik, in diesem tiefsten Grund verstanden hat, der ist dann reicher, als ihn jede Erfindung der Menschen je machen kann.

Nachschrift:

Was hier geboten ist, kann nur eine Umrißzeichnung sein, und ich kann als technischer Laie und will auch nicht mehr erreichen, als die Aufmerksamkeit auf einen Gegenstand lenken, von dem ich hoffentlich bewiesen habe, daß er der größten Aufmerksamkeit würdig ist. Nicht auf die Einzelheiten und die heute noch kaum mögliche richtige Deutung aller technischen Einrichtungen an den gewählten Beispielen kommt es an — hierüber werden noch natürlich viele Diskussionen ausgefochten werden —, sondern auf das große Prinzip: auf das Gesetz. Biotechnik ist eine neue Wissenschaft, daher gibt es nur Vorarbeiten dazu. Wer aber nach solchen sucht, wird mir Dank wissen, wenn ich ihm die mir bekannten nenne.

Die wichtigste ist das Werk:

1. R. Francé, Die technischen Leistungen der Pflanzen. Mit zahlreichen Abbildungen im Text. Leipzig (Veit & Cie.), 1919. 8°.

Zusammenfassend im ganzen Kreis der Pflanzenkunde geht dem biotechnischen Problem nach die Neuauflage meines Werkes:

2. R. Francé, Das Leben der Pflanze. 2. Aufl. Bd. I—II. Stuttgart. 8°. (Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde.) 1920. (Im Erscheinen.)

Die wichtigsten älteren Vorläufer des biotechnischen Gedankens sind:

3. S. Schwendener, Das mechanische Prinzip. Leipzig 1874. 8°.
4. A. Dingler, Die Bewegung der pflanzlichen Flugorgane, 1889.
5. Kapp, Philosophie der Technik. Leipzig. 8°.

Von technischem Standpunkte aus versuchte ich das Problem zu erläutern in zwei Abhandlungen, in den:

6. Mitteilungen d. k. k. technischen Versuchsamtes in Wien, 1917, und in
7. Natur und Technik, Bd. I. (Zürich.) 1918.

Siehe außerdem:

8. J. Löwy, Das Wesen des Erfindens. (Zeitschrift für den Ausbau der Entwicklungslehre, Bd. II. 1908.)
9. Reuleaux, Kinematik im Tierreiche. Braunschweig. 8°.
10. H. v. Meyer, Die Statik und Mechanik des menschlichen Knochengerüstes. Leipzig 1873.
11. P. Metzner, Zur Mechanik der Geißelbewegung. (Biolog. Zentralblatt 1920.)

Sachregister.

Ahornfrüchte als Propeller 65
Antike, Technik in der 54
Architekten, Vorbilder in der Biotechnik 40

Balanciervorrichtung der Einzeller 35
Band als Funktionsform 17
Bastfasern, technische Eigenschaften 43
Baugestaltung, künstlerische 19
Biotechnik, Begründung der 8
Biotechnik, Einwände 56
Biotechnik, letzte Erklärung 69
Biotechnik, Grenzen der 57
Biotechnik, Sinn der 71
Biotechnik der Tiere 41
Biotechnik, Vorläufer 74

Deflation, Mechanik der 57
Dingler 65
Dischidia Rafflesiana, technische Einrichtung 58

Einrichtungen, technische der Pflanzen 51
Eisenhochbau, biotechn. Vorbilder 40
Eiweiß, Chemismus des 49
Erdkieselalgen, Bau der Schale 39
Erfindungen, biotechnische 8
Erfindungen, Weg der 6
Erfindungen, zwangsläufiger Weg 38

Festigungsgewebe der Pflanze 65
Flagellaten als Lösungen des Schwimmproblems 26
Flagellatenformen 27
Form, technische Definition 13, 68
Funktionsformen, deren Ableitung 13, 16
Funktionsgesetz 12

Geißelschrauben der Flagellaten 30
Gerüstkonstruktionen, biotechnische Modelle 40
Gesetz der technischen Formen 55
Gesetz des kleinsten Kraftmaßes 12
Gesetz, mechanisches, des Lebens 24
Grundformen, technische 19
Grundgesetz, hydrostatisches 52
Guttation, Definition 53

Holz, technische Leistungen 43
Holzfaser, technische Eigenschaften 43
Hydathoden als hydraulische Einrichtungen 53
Harmoniegesetz 70

Identitätsgesetz 11
Integrationsgesetz 23

Kälteerzeugungsmaschinen 58
Kegel als Funktionsformen 18
Kessel, kolloidale 45
Kiele der Schiffe, biotechnische Vorbilder 28
Kieselalgen, Definition 36
Kieselalgen, Erklärung der Lebensweise 39
Kieselalgenschale, Bau der 38
Kolloide, technische Qualitäten 44
Kondensator bei Pflanzen 59
Kristallform als Spannungssystem 16
Kugelform, als Ideal des kleinsten Kraftmaßes 14
Kühlmaschinen, pflanzliche 58
Kunstformen der Natur 22, 40

Lebensform, elementare 13
Lebensgesetz als letztes Ziel des Erkennens 73
Leistungen, technische der Pflanze 35
Lichtkraftmaschinen der Pflanzen 48
Literatur über Biotechnik 74
Luftschiffbau, biotechn. Vorbilder 29

Marchantia, technische Einrichtung 50
Maschinenelemente, Ableitung 19
Mathematik als Grundlage der Biotechnik 11
Membranen, kolloidale, ihre Tätigkeit 48

Mohnkapsel als Streuer 7

Naturgesetz, Definition 13
Notwendigkeitsgesetz der Erfindungen 54

Ökonomiegesetz 12
Optimum, Gesetz des 12
Organprojektion 66
Osmotischer Druck, Definition 46

Peridineen als biotechn. Modelle 32
Pflanzenblatt, technische Leistungen des 47
Pflanzenzelle, biotechn. Leistungen 41
Philosophie, objektive, Grundgesetz 73
Plasmahaut, kolloidale Natur 43, 44
Pressen, hydraulische 62
Protoplasma, Struktur 14

Quellung als Kraftquelle 44

Radiolarien, techn. Einrichtungen 21
Radiolarien, Werkformen 17
Röhre, Definition 60
Röhrenpflanzen 64

Selektionsgesetz 12
Sporenkapsel der Moose 7
Schiffbau, biotechnische Vorbilder 28
Schiffskran 65
Schiffsschrauben als biotechnische Modelle 32
Schiffstypen, mobile 29
Schleppgeißel der Einzeller 30
Schraube als Funktionsform 17
Schrauben, biotechn. Vorbilder 31
Schwendner 65
Schwimmform, techn. Analyse 28
Stab als Funktionsform 17
Steuervorrichtung der Einzeller 35
Streuvorrichtungen der Natur 7

Technische Formen, elementare 18
Technische Gestaltung, Gesetz der 25
Torpedo, biotechn. Vorbilder 31
Trajektorien der Knochen 41
Turbine, biotechn. Vorbilder 34
Turbine des stehenden Wassers 36
Turbinenbau, Zukunft des 34
Turbinenschiff, biotechn. Vorbilder 37

Unterseeboote, biotechn. Vorbilder 31

Variabilität der technischen Naturformen 21

Wasserhaltungsanlagen der Bergwerke 61
Wasserspalten als hydraulische Maschinen 53
Weltall als komplexes System 10
Weltmechanik als Urgrund der Biotechnik 69
Werkformen der Radiolarien 17
Werkzeugmaschinen als hydraulische Pressen 52
Wurzeldruck 64
Wurzeldruck, Erklärung 53
Wurzeldruck, Ursache 65

Zellulose, Definition 42
Zelle als technische Form 13
Zelle, Funktionsformen 14
Zelle als Hohlziegel 42

Freude am Leben

und sichere Grundlagen

für eine moderne Weltanschauung findet jeder in der Natur.

Zum Beitritt in den „Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde", laden wir

alle Naturfreunde

jedes Standes sowie alle Schulen, Volksbüchereien, Vereine usw. ein. — Außer dem geringen

Halbjahresbeitrag von nur M 7.80

(Verlegerteuerungszuschlag vorbehalten. Beim Bezug durch die Post Porto besonders)

erwachsen dem Mitgliede keinerlei Verpflichtungen; dagegen werden ihm folgende großen Vorteile geboten:

Die Mitglieder erhalten laut § 5 der Satzung als Gegenleistung für ihren Jahresbeitrag im Jahre 1920 kostenlos:

I. Die Monatsschrift Kosmos, Handweiser für Naturfreunde. Reich bebildert.

II. Die ordentlichen Veröffentlichungen. 4 Buchbeilagen.
Nichtmitglieder zahlen den Einzelpreis von 3—4 M für jeden Band geheftet.

1. Dr. Fischer-Defoy, Lebensgefahr in Haus und Hof.
2. R. H. Francé, Die Pflanze als Erfinder.
3. Dr. Kurt Floericke, Schnecken und Muscheln.
4. Hanns Günther, Radiotechnik.

III. Vergünstigungen beim Bezuge von hervorragenden naturwissenschaftlichen Werken (siehe nächste Seite).

Jedermann kann jederzeit Mitglied werden.
Bereits Erschienenes wird nachgeliefert.

Anmeldungen bei jeder Buchhandlung; stößt der Bezug auf Schwierigkeiten, wende man sich an den Kosmos, Stuttgart, Pfizerstr. 5

Satzung

§ 1. Die Gesellschaft Kosmos (eine freie Vereinigung der Naturfreunde auf geschäftlicher Grundlage) will in erster Linie die Kenntnis der Naturwissenschaften und damit die Freude an der Natur und das Verständnis ihrer Erscheinungen in den weitesten Kreisen unseres Volkes verbreiten.

§ 2. Dieses Ziel sucht die Gesellschaft zu erreichen: durch die Herausgabe eines den Mitgliedern kostenlos zur Verfügung gestellten naturwissenschaftlichen Handweisers (§ 5); durch Herausgabe neuer, von hervorragenden Autoren verfaßter, im guten Sinne gemeinverständlicher Werke naturwissenschaftlichen Inhalts, die sie ihren Mitgliedern unentgeltlich oder zu einem besonders billigen Preise zugänglich macht, usw.

§ 3. Die Gründer der Gesellschaft bilden den geschäftsführenden Ausschuß, den Vorstand usw.

§ 4. Mitglied kann jeder werden, der sich zu einem Vierteljahresbeitrag von M 5.60 (Verleger-Teuerungszuschlag vorbehalten) verpflichtet. Andere Verpflichtungen und Rechte, als in dieser Satzung angegeben sind, erwachsen den Mitgliedern nicht. Der Eintritt kann jederzeit erfolgen; bereits Erschienenes wird nachgeliefert. Der Austritt ist gegebenenfalls bis 1. Okt. des Jahres anzuzeigen, womit alle weiteren Ansprüche an die Gesellschaft erlöschen.

§ 5. Siehe vorige Seite.

§ 6. Die Geschäftsstelle befindet sich bei der Franckh'schen Verlagshandlung, Stuttgart, Pfizerstraße 5. Alle Zuschriften, Sendungen und Zahlungen (vgl. § 5) sind, soweit sie nicht durch eine Buchhandlung Erledigung finden konnten, dahin zu richten.

Kosmos

Handweiser für Naturfreunde

Erscheint jährlich zwölfmal und enthält:

Originalaufsätze von allgemeinem Interesse aus sämtlichen Gebieten der Naturwissenschaften und den Grenzgebieten. Reich bebildert.

Regelmäßig orientierende Berichte über Fortschritte und neue Forschungen auf allen Gebieten der Naturwissenschaft.

Auskunftsstelle — Wertvolle kleine Mitteilungen.

Mitteilungen über Naturbeobachtungen, Vorschläge und Anfragen aus dem Leserkreise.

Die Kosmos-Buchbeilagen für 1920.

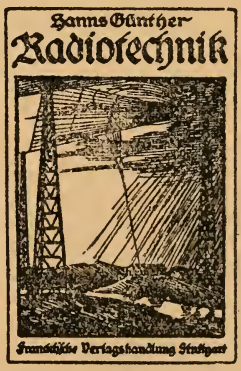
Für Mitglieder unberechnet!

Sonst jeder Band, reich bebildert, 3—4 M.

Der Verfasser behandelt die überaus wichtige Wohnungsfrage vom gesundheitlichen Standpunkt aus und den Zusammenhang der Wohnungsbeschaffenheit mit der Verbreitung ansteckender Krankheiten.

Francé führt die lehrreichsten Erscheinungen der pflanzlichen Biotechnik an, mit dem Ziele, daß man die Zusammenhänge verstehe und das Gesetz fühle, das unser Wirken immer in den Ring der Natur einfügt.

Dr. Floericke beschäftigt sich in der ihm eigentümlichen anregenden Weise mit dem vielgestaltigen Heer der Schnecken und Muscheln, die das Entzücken so vieler Sammler bilden. Wir hören dabei interessante Einzelheiten über Perlengewinnung, Austernzucht und dergl., aber auch über Giftmuscheln und die verheerende Tätigkeit des sog. Bohrwurms.



Im Anschluß an seine früheren Veröffentlichungen beschreibt der den Kosmoslesern wohlbekannte Verfasser in einer dem gebildeten Laien verständlichen Form die merkwürdigen Eigenschaften und die technische Ausnützung der geheimnisvollen elektrischen Wellen u. Strahlen, wie drahtlose Telegraphie und Telephonie usw.

Folgende seit Bestehen des Kosmos erschienene Buchbeilagen

erhalten Mitglieder, solange vorrätig, zu Ausnahmepreisen:

1. Gruppe 1904–1908. Broschiert M 52.50, gebunden M 88.50.

1904 Bölsche, W., Abstammung des Menschen. — Meyer, Dr. M. W., Weltuntergang. Zell, Ist das Tier unvernünftig? (Dopp.-Bd.) — Meyer, Dr. M. Wilh., Weltschöpfung.

1905 Bölsche, W., Stammbaum der Tiere. — Francé, Sinnesleben der Pflanzen. Zell, Dr. Th., Tierfabeln. — Teichmann, Dr. E., Leben und Tod. — Meyer, Dr. M. W., Sonne und Sterne.

1906 Francé, Liebesleben der Pflanzen. — Meyer, Dr. M. Wilh., Rätsel der Erdpole. — Zell, Dr. Th., Streifzüge durch die Tierwelt. — Bölsche, W., Im Steinkohlenwald. — Ament, Dr. W., Die Seele des Kindes.

1907 Francé, Streifzüge im Wassertropfen. — Zell, Dr. Th., Straußenpolitik. — Meyer, Dr. M. W., Kometen und Meteore. — Teichmann, Fortpflanzung und Zeugung. — Floericke, Dr. K., Die Vögel des deutschen Waldes.

1908 Meyer, Dr. M. W., Erdbeben u. Vulkane. — Teichmann, Dr. E., Die Vererbung. Sajó, Krieg und Frieden im Ameisenstaat. — Dekker, Naturgeschichte des Kindes. — Floericke, Dr. K., Säugetiere des deutschen Waldes.

2. Gruppe 1909–1913. Broschiert M 52.50, gebunden M 88.50.

1909 Francé, Bilder aus dem Leben des Waldes. — Meyer, Dr. M. Wilh., Der Mond. — Sajó, Prof. K., Die Honigbiene. — Floericke, Kriechtiere und Lurche Deutschlands. — Bölsche, W., Der Mensch in der Tertiärzeit.

1910 Koelsch, Pflanzen zwischen Dorf und Trift. — Dekker, Fühlen und Hören. — Meyer, Dr. M. W., Welt der Planeten. — Floericke, Säugetiere fremder Länder. Weule, Kultur der Kulturlosen.

1911 Koelsch, Durch Heide und Moor. — Dekker, Sehen, Riechen und Schmecken. Bölsche, Der Mensch der Pfahlbauzeit. — Floericke, Vögel fremder Länder. Weule, Kulturelemente der Menschheit.

1912 Gibson-Günther, Was ist Elektrizität? — Dannemann, Wie unser Weltbild entstand. — Floericke, Fremde Kriechtiere und Lurche. — Weule, Die Urgesellschaft und ihre Lebensfürsorge. — Koelsch, Würger im Pflanzenreich.

1913 Bölsche, Festländer und Meere. — Floericke, Einheimische Fische. — Koelsch, Der blühende See. — Zart, Bausteine des Weltalls. — Dekker, Vom sieghaften Zellenstaat.

3. Gruppe 1914–1919. Broschiert M 56.50, gebunden M 95.50.

1914 Bölsche, Wilh., Tierwanderungen in der Urwelt. — Floericke, Dr. Kurt, Meeresfische. — Lipschütz, Dr. A., Warum wir sterben. — Kahn, Dr. Fritz, Die Milchstraße. — Nagel, Dr. Osk., Romantik der Chemie.

1915 Bölsche, Wilh., Der Mensch der Zukunft. — Floericke, Dr. K., Gepanzerte Ritter. Weule, Prof. Dr. K., Vom Kerbstock zum Alphabet. — Müller, A. L., Gedächtnis und seine Pflege. — Besser, H., Raubwild und Dickhäuter.

1916 Bölsche, Stammbaum der Insekten. — Dekker, Dr., Heilen u. Helfen. — Floericke, Dr., Bulgarien. — Weule, Krieg in den Tiefen der Menschheit (Doppelband).

1917 Besser, Natur- u. Jagdstudien in Deutsch-Ostafrika. — Floericke, Dr., Plagegeister. Hasterlik, Dr., Speise u. Trank. — Bölsche, Schutz- u. Trutzbündnisse in der Natur.

1918 Floericke, Forscherfahrt in Feindesland. — Fischer-Defoy, Schlafen u. Träumen. Kurth, Zwischen Keller u. Dach. — Dr. Hasterlik, Von Reiz- u. Rauschmitteln.

1919 Bölsche, Eiszeit u. Klimawechsel. — Zell, Neue Tierbeobachtungen. — Floericke, Spinnen und Spinnenleben. — Kahn, Die Zelle.

Alle 3 Gruppen auf einmal bezogen: broschiert M 145.50, geb. M 245.—.

Einzeln bezogen kostet jed. Band brosch. M 2.80, geb. M 4.80 (für Nichtmitgl. je M 3.60 bzw. M 6.—). Die Jahrgänge 1904—1916 (je 5 Bände) kosten für Mitglieder brosch. je M 11.50, geb. je M 19.50. Die Jahrgänge 1917—1919 (je 4 Bände) kosten für Mitglieder brosch. je M 9.20, geb. je M 15.60.

Vom Kosmos-Handweiser sind noch geringe Vorräte von den Jahrgängen 1910, 1913, 1914, 1915, 1917, 1918, 1919 vorhanden.

Jed. Band kostet f. Mitglieder brosch. M 6.80, geb. M 13.50 (für Nichtmitgl. brosch. M 8.50, geb. M 16.—).

Zu diesen Preisen kommt noch der vom Börsenverein deutscher Buchhändler festgesetzte Teuerungszuschlag von 20 Prozent. — (Verlegerteuerungszuschlag vorbehalten.)

North Carolina State University Libraries
QK50 .F7
PFLANZE ALS ERFINDER
S02776922 K